

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003年7月10日 (10.07.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/056380 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G02B 26/08, 26/02
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/13003
- (22) 国際出願日: 2002年12月12日 (12.12.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-395511 2001年12月26日 (26.12.2001) JP
特願2002-284190 2002年9月27日 (27.09.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP). エヌティティエレクトロニクス株式会社 (NTT ELECTRONICS CORPORATION) [JP/JP]; 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目12番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

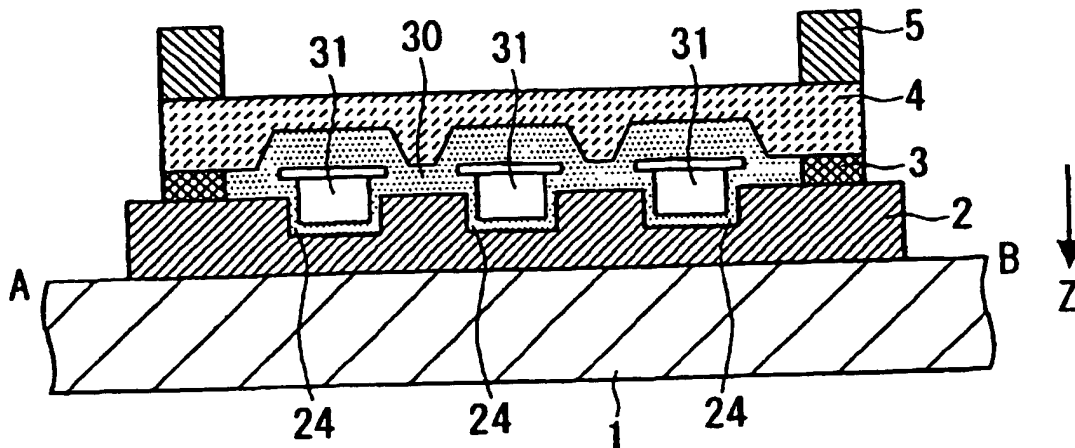
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 赤川 圭一 (AKAGAWA, Keiichi) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 鈴木 美彦 (SUZUKI, Yoshihiko) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 石津谷 徹 (ISHIZUYA, Tohru) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 鈴木 純児 (SUZUKI, Junji) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 車田 克彦 (KURUMADA, Katsuhiko) [JP/JP]; 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目12番1号 エヌティティエレクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP). 金谷 正敏 (KANAYA, Masatoshi) [JP/JP]; 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目12番1号 エヌティティエレクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP). 玉村 敏昭 (TAMAMURA, Toshiaki) [JP/JP]; 〒150-0043 東京都渋谷区道玄坂一丁目12番1号 エヌティティエレクトロニクス株式会社内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: LIGHT BEAM SWITCHING/ADJUSTING APPARATUS AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) 発明の名称: 光ビーム切替調整装置及びその製造方法

BEST AVAILABLE COPY



(57) Abstract: An optical waveguide substrate (2) has a groove (24) for receiving mirrors and optical waveguides. The optical waveguides guide the light input to an input port to an output port selected according to the advance/retreat of mirrors (31) into/from the groove (24). An actuator substrate (4) has the mirrors (31) and an actuator for setting the mirrors (31) at a retreated position to the substrate (4) and a protruding position from the substrate (4). The optical waveguide substrate (2) and the actuator substrate (4) are positioned by utilizing an alignment mark and connected to each other via a spacer (3) so that when the mirrors (31) retreat to the substrate (4), they retreat from the grooves (24) and when the mirrors (31) protrude from the substrate (4), they advance into the grooves (24). This positioning is performed with all the mirrors (31) in the retreated state to the substrate (4).

[続葉有]



(74) 代理人: 細江 利昭 (HOSOE, Toshiaki); 〒221-0822 神奈川県横浜市神奈川区西神奈川一丁目3番6号コーポフジ605 Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,

AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

光導波路基板2は、ミラー受け入れ用の溝24と光導波路とを有する。光導波路は、入力ポートに入力された光を、溝24に対するミラー31の進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く。アクチュエータ基板4は、ミラー31と、ミラー31を基板4側に引っ込んだ状態と基板4から突出した状態とにするアクチュエータを有する。ミラー31が基板4側に引っ込んだときに溝24から退出するとともにミラー31が基板4から突出したときに溝24内に進出するように、光導波路基板2とアクチュエータ基板4とが、アライメントマークを利用して位置合わせして、スペーサ3を介して接合される。この位置合わせは、全てのミラー31を基板4側に引っ込んだ状態にして行われる。

明 細 書

光ビーム切替調整装置及びその製造方法

技術分野

- 本発明は、例えば光通信ネットワークや光交換システムなどにおいて、光ビームの光路変換や透過量調整を行う光ビーム切替調整装置、及びその製造方法に関するものである。

背景技術

- 光通信システムには、光路変換用の光ビーム切替調整装置が必要とされ、最近では特に、複数の入出力間で光路切替を行うためのマトリクス光ビーム切替調整装置が重要となってきている。このようなマトリクス光ビーム切替調整装置は、例えば、多数の平行な入力光ファイバの1本から多数の平行な出力光ファイバの1本に光信号を送るような働きをするものであり、その具体的な装置として、特開2001-142008号公報に示すような光ビーム切替調整装置が知られている。
- このような光ビーム切替調整装置は、光ファイバの光をマトリクス状に光路が形成された光導波路に導き、光路の交差点に、MEMS技術(MEMS: Micro-Electro-Mechanical Systems)を用いた微小ミラーを配置し、この微小ミラーを、光路中に備えるスリット内に出し入れすることで光ビームの光路変換や透過量調整を行うものである。
- 図17は、MEMS技術を用いた従来の光ビーム切替調整装置の構成例を説明するための図で、図17(a)は、この光ビーム切替調整装置の平面図であり、図17(b)は、図17(a)のA-A'における断面図である。

図 17 (a) に示すように、この光ビーム切替調整装置は、コア支持基板 301 上に第 1～3 の光導波路コア 302 a、302 b、302 c を備え、これらの光導波路コアが入射側光ファイバ 308 または透過側光ファイバ 309 に接続されるとともに、光導波路コアの交差部には互
5 いに交差する光導波路を横断するようにスリット 303 が設けられている。

また、図 17 (a) 中に点線で示したコア支持基板 301 の上面領域には、図 17 (b) に示すように挿入板支持基板 304 が配置され、この挿入板支持基板 304 に備えられた挿入板 305 が、挿入板駆動機構
10 307 によって駆動する構造となっている。なお、306 は、挿入板駆動機構を電氣的に駆動するための電気配線である。

挿入板 305 はスリット 303 の上部に対向して配置されており、挿入板 305 が挿入板駆動機構 307 によって上下に駆動してスリット 303 内に抜差しが行われ、これにより入射側光ファイバ 308 の光ファイバコア部 310 からスリット 303 内に入射してきた光ビームの光路
15 を切り替えることによるスイッチング動作や透過光量の調整による減衰動作を可能としている。

すなわち、挿入板 305 がスリット 303 内に挿入された状態では、第 1 の光導波路コア 302 a からスリット 303 へと入射してきた光ビ
20 ームは挿入板 305 によって反射されて第 2 の光導波路コア 302 b の端面に結合する一方、挿入板 305 がスリット 303 から引き出された状態では、第 1 の光導波路 302 a からスリット 303 へ入射した光ビームはそのまま対向する第 3 の光導波路コア 302 c の端面に結合することで光ビームの光路の切替が行われてスイッチング動作が実現する。

25 また、スリット 303 内での挿入板 305 の挿入位置（挿入深さ）を調整すれば、その挿入位置に応じて第 1 の光導波路コア 302 a からス

リット 3 0 3 内に入射した光ビームの一部が遮蔽され残りの光ビーム成分を透過させて第 3 の光導波路コア 3 0 2 c の端面に結合させることで透過光強度の減衰動作が実現する。

前述した方式による光ビーム切替調整装置を実現するためには、シリコン半導体プロセス等を応用した MEMS プロセスでシリコン基板等の上に作製した MEMS アクチュエータと微小ミラーを、別の工程で作製した光導波路基板に組み付けなければならない。すなわち、この光ビーム切替調整装置の製造において、ミラー受け入れ凹部を有する光導波路基板と、ミラー及び該ミラーを支持し移動させるアクチュエータを有するアクチュエータ基板とを、前記ミラーと前記ミラー受け入れ凹部とを位置合わせして接合しなければならない。

しかしながら、実際にこのような位置合わせを行おうとすると、その位置合わせが非常に困難であることが判明した。すなわち、ミラー受け入れ凹部は光導波路の途中に設けられるものであるので、光量のロスを抑えるために、ミラー受け入れ凹部の幅は可能な限り狭く設定することが好ましい。このため、ミラーとミラー受け入れ凹部との位置合わせには、非常に高い精度が要求される。しかも、ミラーをミラー受け入れ凹部に対して位置合わせする過程において、ミラーがミラー受け入れ凹部以外の部分にぶつかってしまうと、ミラーが簡単に破損してしまう。したがって、光導波路基板とアクチュエータ基板との位置合わせは困難である。特に、ミラーの数が多い場合には、全てのミラーを対応するミラー受け入れ凹部と位置合わせしなければならないため、その位置合わせは極めて困難である。

また、前記アクチュエータは信号に応じて駆動されるものである。本発明における光ビーム切り替え装置においては、その組み立て工程において、アクチュエータ基板が光導波路基板と接合されるという特殊性を

有する。このことを前提とした上で、装置の小型化や製造過程における検査等の便宜などを図るためには、アクチュエータ基板に信号を供給するための配線等が組み立ての際に邪魔になつたりせず、また、検査の際に、仮配線を接続して検査がし易いように、配線の構造等を工夫する必

5 要がある。

さらに、このような光ビーム調整装置においては、光導波路コアに形成したスリットと挿入板との相対的な位置関係を、挿入板を反射板として機能させる際に反射損失が最低となるように定める必要がある。また、反射光の損失を小さくするためには、挿入板のスリットに対する位置を
10 1 μm 以内の精度で合わせることが好ましい。さらに、光ビームの減衰量を調節する場合には、挿入板が挿入板駆動機構によって円滑に駆動されることが条件となる。

このような光ビーム調整装置における挿入板とスリットとの精度の高い位置合わせ状態観察のためには、これらの相対位置と挿入板のスリット
15 ト内での挿入深さとを外部から正確にモニタすることが重要である。

挿入板とスリットとの間の相対位置関係をコア支持基板と挿入板支持基板の接着後にモニタするためには光学的手法による顕微鏡観察が用いられ、シリコン基板を用いて構成された装置の場合には赤外線顕微鏡を用い、ガラス基板を用いた場合には可視光光源を備える一般的な光学顕
20 微鏡を用いて観察する方法が一般的である。

しかしながら、挿入板支持基板には挿入板駆動機構が取付けられていることに加え、挿入板駆動機構の動作のための配線も設けられていることから、このような構成要素の存在が挿入板とスリットとの間の相対位置観察の大きな支障となるという問題がある。

25 また、観察対象であるスリットの幅と挿入板の大きさによっては、顕微鏡観察の際の観察倍率が大きくなってしまい被写界深度が浅くなって

スリット内での挿入板の挿入位置を判別することが困難となるという問題もある。

発明の開示

- 5 本発明は、前述のような問題点を解決するためになされたものであり、その第 1 の目的は、ミラーとミラー受け入れ凹部との位置合わせを容易にすることにより、容易かつ歩留り良く製造することができる光ビーム切替調整装置及びその製造方法を提供することである。また、第 2 の目的は、光導波路コアに備えるスリットと挿入板との位置関係およびスリット内での挿入板の挿入位置の判別が容易な光ビーム切替調整装置を提供することである。
- 10

前記第 1 の目的を達成するための発明は、以下の第 1 の発明から第 30 の発明である。

- 第 1 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、
- 15

- 20 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、

- 25 を備え、

前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け

入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合され、

- 5 前記光導波路基板には、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを位置合わせするための第 1 のアライメントマークが形成され、

前記アクチュエータ基板には、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを位置合わせするための第 2 のアライメントマークが形成されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置である。

- 10 第 2 の発明は、前記第 1 の発明であって、前記第 1 及び第 2 のアライメントマークは、赤外線により観察可能であることを特徴とするものである。

第 3 の発明は、前記第 1 又は第 2 の発明であって、前記第 1 のアライメントマークは、前記光導波路基板の前記一方の面に形成され、

- 15 前記第 2 のアライメントマークは、前記アクチュエータ基板の前記一方の面に形成され、

前記アクチュエータ基板は、赤外線を透過させる特性を有することを特徴とするものである。

- 20 第 4 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、

- 25 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、

当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、を備え、

- 5 前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合されてなる光ビーム切替調整装置であって、

- 10 前記アクチュエータ基板への給電が、外部から前記アクチュエータ基板へ直接行われることを特徴とする光ビーム切替調整装置である。

- 第 5 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、
- 15

- 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、
- 20 当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、を備え、

- 前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置と
- 25

なるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合されてなる光ビーム切替調整装置であって、

前記アクチュエータ基板に対する電氣的な接続の中継を行うための中継基板を備え、

- 5 前記中継基板は、その一部が前記アクチュエータ基板からはみ出すように、前記アクチュエータ基板の他方の面に接合され、

前記中継基板は、前記第 2 のアライメントマークに対応する前記アクチュエータ基板の前記他方の面の領域を、覆わないことを特徴とする光ビーム切替調整装置である。

- 10 第 6 の発明は、前記第 5 の発明であって、前記アクチュエータ基板の前記一方の面に複数の電気接続用の第 1 のパッドが形成され、

前記アクチュエータ基板からの前記中継基板のはみ出し部分における前記アクチュエータ基板側の面に、複数の電気接続用の第 2 のパッドが形成され、

- 15 前記複数の第 1 のパッドと前記複数の第 2 のパッドとが、ボンディングワイヤによりそれぞれ電氣的に接続され、

前記中継基板に、各々が前記複数の第 2 のパッドのいずれかと電氣的に接続された電気接続用の複数の第 3 のパッドが形成され、

- 20 前記中継基板に、各々が前記複数の第 2 のパッドのうちの一部の第 2 のパッドにそれぞれ電氣的に接続された複数の導電部が形成され、

前記複数の導電部の各々の少なくとも一部分同士の配置ピッチは、前記複数の第 2 のパッドの配置ピッチ及び前記複数の第 3 のパッドの配列ピッチより広いことを特徴とするものである。

- 25 第 7 の発明は、前記第 6 の発明であって、前記複数の導電部は、前記中継基板の前記はみ出し部分における前記アクチュエータ基板側の面に形成され、

前記複数の第 3 のパッドは、前記中継基板の前記アクチュエータ基板と反対側の面に形成されたことを特徴とするものである。

第 8 の発明は、前記第 6 又は第 7 の発明であって、複数の外部接続用リード端子を有する基体を備え、

- 5 前記複数の第 3 のパッドと前記複数の外部接続用リード端子とが、ボンディングワイヤによりそれぞれ電氣的に接続されたことを特徴とするものである。

- 第 9 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、
- 10

- 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、
- 15
- を備え、

- 20 前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合されてなる光ビーム切替調整装置であって、

- 25 前記アクチュエータ基板が、前記アクチュエータを電氣的に駆動するための複数の給電端子を備え、当該複数の給電端子には、前記アクチュ

エータを個別に駆動するための給電を行う 1 個以上の第 1 種の端子の他に、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記第 2 の位置に位置するように前記アクチュエータを一斉に駆動するための給電を行う 1 個以上の第 2 種の端子が含まれることを特徴とする光ビーム切替調整装置である。

- 5 第 10 の発明は、前記第 9 の発明であって、前記第 1 種の端子にそれぞれ所望の光スイッチ動作を行わせるための信号が供給されたときに、当該光スイッチ動作を行わせるように、かつ、前記第 2 種の端子に所定の信号が供給されたときに、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記第 2 の位置に位置するように、前記 1 つ以上のアクチュエータを駆動する駆動回路が、前記アクチュエータ基板に搭載されたことを特徴とするもので
- 10 ある。

- 第 11 の発明は、前記第 9 の発明又は第 10 の発明であって、前記ミラーに少なくとも 1 つの凹凸部を備え、当該凹凸部を前記顕微鏡観察の焦点合わせ基準とすることにより前記ミラー受け入れ凹部内での前記ミ
- 15 ラーの挿入深さ観察を可能としたことを特徴とするものである。

- 第 12 の発明は、前記第 1 から第 11 のうちいずれかの発明であって、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部から完全に退出した位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とがスペーサを介して接合されたことを特徴とする
- 20 ものである。

第 13 の発明は、前記第 12 の発明であって、前記スペーサは、前記アクチュエータ基板における前記 1 つ以上のミラーが分布している領域を囲むように、設けられたことを特徴とするものである。

- 第 14 の発明は、前記第 13 の発明であって、前記光導波路のコア層
- 25 の屈折率と略同じ屈折率を持つ屈折率整合液が、前記ミラー受け入れ凹部内に入るように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との間

に充填され、

前記スペーサは、前記屈折率整合液を密封するシール構造の一部を構成することを特徴とするものである。

- 第 15 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当
- 5 該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、
- 10 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、
- 15 前記アクチュエータ基板に対する電氣的な接続の中継を行うための中継基板と、
- を備え、

- 前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前
- 20 記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合され、

- 前記中継基板は、その一部が前記アクチュエータ基板からはみ出すように、前記アクチュエータ基板の他方の面に接合されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置である。
- 25

第 16 の発明は、前記第 15 の発明であって、前記アクチュエータ基

板の前記一方の面に複数の電気接続用の第 1 のパッドが形成され、

前記アクチュエータ基板からの前記中継基板のはみ出し部分における前記アクチュエータ基板側の面に、複数の電気接続用の第 2 のパッドが形成され、

- 5 前記複数の第 1 のパッドと前記複数の第 2 のパッドとが、ボンディングワイヤによりそれぞれ電氣的に接続され、

前記中継基板に、各々が前記複数の第 2 のパッドのいずれかと電氣的に接続された電気接続用の複数の第 3 のパッドが形成されたことを特徴とするものである。

- 10 第 17 の発明は、前記第 15 又は第 16 の発明であって、複数の外部接続用リード端子を有する基体を備え、

前記複数の第 3 のパッドと前記複数の外部接続用リード端子とが、ボンディングワイヤによりそれぞれ電氣的に接続されたことを特徴とするものである。

- 15 第 18 の発明は、前記第 16 又は第 17 の発明であって、前記中継基板に、各々が前記複数の第 2 のパッドのうちの一部の第 2 のパッドにそれぞれ電氣的に接続された複数の導電部が形成され、

前記複数の導電部の各々の少なくとも一部分同士の配置ピッチは、前記複数の第 2 のパッドの配置ピッチ及び前記複数の第 3 のパッドの配列

- 20 ピッチより広いことを特徴とするものである。

第 19 の発明は、前記第 18 の発明であって、前記複数の導電部は、前記中継基板の前記はみ出し部分における前記アクチュエータ基板側の面に形成され、

- 25 前記複数の第 3 のパッドは、前記中継基板の前記アクチュエータ基板と反対側の面に形成されたことを特徴とするものである。

第 20 の発明は、前記第 18 又は第 19 の発明であって、前記複数の

導電部にそれぞれ所定の信号が供給されたときに、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記第 2 の位置に位置することを特徴とするものである。

第 21 の発明は、前記第 18 から第 20 のうちいずれかの発明であって、前記複数の第 3 のパッドにそれぞれ所望の光スイッチ動作を行わせるための信号が供給されたときに、当該光スイッチ動作を行わせるよう
5 るために、かつ、前記複数の導電部にそれぞれ所定の信号が供給されたときに、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記第 2 の位置に位置するように、前記 1 つ以上のアクチュエータを駆動する駆動回路が、前記アクチュエータ基板に搭載されたことを特徴とするものである。

10 第 22 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波
15 路と、を有する光導波路基板と、

前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上
20 のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、
を備え、

前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わ
25 せられて接合され、

前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部から完全に退出した位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とがスペーサを介して接合されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置である。

- 5 第 2 3 の発明は、前記第 2 2 の発明であって、前記スペーサは、前記アクチュエータ基板における前記 1 つ以上のミラーが分布している領域を囲むように、設けられたことを特徴とするものである。

- 10 第 2 4 の発明は、前記第 2 3 の発明であって、前記光導波路のコア層の屈折率と略同じ屈折率を持つ屈折率整合液が、前記ミラー受け入れ凹部内に入るように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との間に充填され、

前記スペーサは、前記屈折率整合液を密封するシール構造の一部を構成することを特徴とするものである。

- 15 第 2 5 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有し、第 1 のアライメントマークが形成された光導波路基板を用意する段階と、
- 20

- 25 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有し、第 2 のアライメントマークが形成されたアクチュエータ基板を用意する段階と、

前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを前記第 1
5 及び第 2 のアライメントマークを利用して位置合わせして接合する段階と、

を備えたことを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法である。

第 26 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹
10 部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板を用意する段階と、

前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて
15 て当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板を用意する段階と、

前記導波路基板と前記アクチュエータ基板との間に接合されるスペー
20 サを用意する段階と、

前記導波路基板及び前記アクチュエータ基板のいずれかに一方に前記スペーサを接合するスペーサ接合段階と、

前記スペーサ接合段階の後に行われる段階であって、前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する
25 進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記

光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを位置合わせして、前記スペーサと前記導波路基板及び前記アクチュエータの他方とを接合する段階と、
を備え、

- 5 前記導波路基板と前記アクチュエータとの間に前記スペーサが接合されたときに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部から完全に退出した位置となることを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法である。

- 10 第 27 の発明は、前記第 26 の発明であって、前記光導波路基板に第 1 のアライメントマークを形成するとともに、前記アクチュエータ基板に第 2 のアライメントマークを形成し、

前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせを、前記第 1 及び第 2 のアライメントマークを利用して行うことを特徴とするものである。

- 15 第 28 の発明は、前記第 25 から第 27 のうちいずれかの発明であって、前記アクチュエータを、信号を全く供給しない場合には当該アクチュエータに支持された前記ミラーが前記第 2 の位置に比べて前記アクチュエータ基板の前記一方の面から基板から遠い所定位置に復帰するように構成し、

- 20 前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせの際に、前記アクチュエータ基板に所定の信号を与えて、前記 1 つ以上のミラーの全てを前記第 2 の位置に位置させることを特徴とするものである。

- 第 29 の発明は、1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以
- 25

上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板を用意する段階と、

- 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、
- 5 当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板を用意する段階と、

- 前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを位置合わせして接合する段階と、
- 10 を備え、

- 前記アクチュエータを、信号を全く供給しない場合には当該アクチュエータに支持された前記ミラーが前記第 2 の位置に比べて前記アクチュエータ基板の前記一方の面から基板から遠い所定位置に復帰するように構成し、
- 15

- 前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせの際に、前記アクチュエータ基板に所定の信号を与えて、前記 1 つ以上のミラーの全てを前記第 2 の位置に位置させることを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法である。
- 20

- 第 30 の発明は、前記第 28 又は第 29 の発明であって、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせの終了後に、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記所定位置に徐々に復帰するように、前記アクチュエータ基板に信号を供給することを特徴とするものである。
- 25

これら第 1 の発明から第 28 の発明においては、前記光導波路が 2 次

元マトリクス状に配置され、前記ミラー受け入れ凹部が前記光導波路の交差部の位置を含むように配置され、前記各ミラーが前記各交差部に進出し得るように配置されてもよい。

これら第 1 の発明から第 30 の発明によれば、それぞれの発明に応じ
5 て、容易かつ歩留り良く製造することができる光ビーム切替調整装置及びその製造方法を提供することができる。また、装置の小型化や製造過程における検査等の便宜などを図ることができる光ビーム切替調整装置を提供することができる。どの発明によりこれらの効果のうちどれが得られるかは、上記発明の構成及び後に述べる実施の形態の説明から明らか
10 であろう。

前記第 2 の目的を達成する発明は、以下の第 31 から第 33 の発明である。

第 31 の発明は、光導波路に設けられたスリット内に挿入板を拔差し
することにより前記光導波路中を伝搬する光ビームの光路切替もしくは
15 光ビームの透過光量を調整するための光ビーム切替調整装置であって、
前記光導波路と前記スリットとは第 1 の基板上に設けられ、前記挿入板
は第 2 の基板上に設けられた挿入板駆動手段に保持されて設けられてお
り、前記第 1 と第 2 の基板は前記挿入板が前記スリット内に拔差し可能
なように配置され、前記第 1 の基板の前記スリットを含む第 1 の領域と、
20 前記第 2 の基板の前記挿入板を備える第 2 の領域とが所定の波長の光を
透過可能に構成されており、当該所定の波長の光を、前記第 1 の領域ま
たは前記第 2 の領域の一方から入射させその透過光を前記第 2 の領域ま
たは前記第 1 の領域の一方から出射させて、前記スリット内での前記挿
入板の挿入位置の顕微鏡観察を可能としたことを特徴とするものである。
25 第 32 の発明は、光導波路に設けられたスリット内に挿入板を拔差し
することにより前記光導波路中を伝搬する光ビームの光路切替もしくは

光ビームの透過光量を調整するための光ビーム切替調整装置であって、前記光導波路と前記スリットとは第 1 の基板上に設けられ、前記挿入板は第 2 の基板上に設けられた挿入板駆動手段に保持されて設けられており、前記第 1 と第 2 の基板は前記挿入板が前記スリット内に抜差し可能なように配置され、前記第 1 の基板の前記スリットを含む第 1 の領域または前記第 2 の基板の前記挿入板を備える第 2 の領域のいずれか一方が所定の波長の光を透過可能に構成されており、当該所定の波長の光を、前記第 1 の領域または前記第 2 の領域の一方から入射させ、その反射光を前記第 1 の領域または前記第 2 の領域から出射させて、前記スリット内での前記挿入板の挿入位置の顕微鏡観察を可能としたことを特徴とするものである。

第 3 3 の発明は、前記第 3 1 又は 3 2 の発明であって、前記挿入板に少なくとも 1 つの凹凸部を備え、当該凹凸部を前記顕微鏡観察の焦点合わせ基準とすることにより前記スリット内での前記挿入板の挿入深さ観察を可能としたことを特徴とするものである。

これら第 2 9 の発明御及び第 3 0 の発明によれば、光導波路コアに備えるスリットと挿入板との位置関係判別が容易な光ビーム切替調整装置提供することが可能となる。さらに、第 3 1 の発明によれば、これに加えてスリット内での挿入板の挿入位置の判別が容易な光ビーム切替調整装置を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の一実施の形態による光ビーム切替調整装置を模式的に示す概略平面図である。

図 2 は、全てのミラーが光導波路基板の溝内へ進出した状態を示す図 1 中の A - B 線に沿った概略断面図である。

図 3 は、全てのミラーが光導波路基板の溝から退出した状態を示す図 1 中の A－B 線に沿った概略断面図である。

図 4 は、図 1 に示す光ビーム切替調整装置の製造過程における、基体、光導波路基板、光入力用光ファイバ及び光出力用光ファイバの組立体を、
5 模式的に示す概略平面図である。

図 5 は、アクチュエータ基板を模式的に示す概略平面図である。

図 6 は、1つのミラー及びこれを支持・駆動する1つのアクチュエータを模式的に示す概略拡大平面図である。

図 7 は、図 6 中の X 1－X 2 線に沿った概略断面図である。

10 図 8 は、図 6 中の Y 1－Y 2 線に沿った概略断面図である。

図 9 は、ミラーが基板側に引っ込んだ状態を示す図 7 に対応する概略断面図である。

図 1 0 は、アクチュエータ基板に搭載された回路を示す電気回路図である。

15 図 1 1 は、スペーサを示す図である。

図 1 2 は、図 1 に示す光ビーム切替調整装置の製造過程における、アクチュエータ基板と中継基板との組立体を、模式的に示す図である。

図 1 3 は、図 1 2 に示す組立体に対する電圧印加状況を示す図である。

図 1 4 は、クチュエータ基板と光導波路基板との位置合わせの様子を
20 模式的に示す概略断面図である。

図 1 5 は、本発明の光ビーム切替調整装置の構成例を説明するための図で、(a)はこの装置の平面図であり、(b)は、(a)の A－A' における断面図である。

図 1 6 は、挿入板に深さ検出用マーカを備える構成とした本発明の光
25 ビーム切替調整装置のスリットおよび挿入板近傍の様子を説明するための図である。

図 17 は、MEMS 技術を用いた従来の光ビーム切替調整装置の構成例を説明するための図で、(a)はこの光ビーム切替調整装置の平面図であり、(b)は(a)のA-A'における断面図である。

5 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明による光ビーム切替調整装置及びその製造方法について、図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の一実施の形態による光ビーム切替調整装置を模式的に示す概略平面図である。説明の便宜上、図 1 に示すように、互いに直交する X 軸、Y 軸及び Z 軸を定義する（後述する図についても同様である。）。なお、図 1 から図 1 4 においては、同じ構成要素には同じ符号を付して、図面ごとにおける説明を省略することがある。光導波路基板 2 の面及びアクチュエータ基板 4 の面が XY 平面と平行となっている。なお、説明の便宜上、Z 軸方向の+側（矢印の向きの側）を+Z 側、Z 軸方向の-側を-Z 側といい、X 軸方向及び Y 軸方向についても同様とする。

図 2 は、全てのミラー 3 1 が光導波路基板 2 の溝 2 4 内へ進出した状態を示す図 1 中の A-B 線に沿った概略断面図である。図 3 は、全てのミラー 3 1 が光導波路基板 2 の溝 2 4 から退出した状態を示す図 1 中の A-B 線に沿った概略断面図である。図 4 は、図 1 に示す光ビーム切替調整装置の製造過程における、基体 1、光導波路基板 2、光入力用光ファイバ 1 1 及び光出力用光ファイバ 1 2、1 3 の組立体を、模式的に示す概略平面図である。

本実施の形態による光ビーム切替調整装置は、図 1 乃至図 4 に示すように、パッケージ本体（図示せず）の底面部あるいはパッケージ本体内に配置される基台などの基体 1 と、基体 1 上に接合された光導波路基板

2 と、光導波路基板 2 上にスペーサ 3 を介して接合されたアクチュエータ基板 4 と、アクチュエータ基板 4 上に接合された中継基板 5 とを備えている。

5 基体 1 には、図 1 及び図 4 に示すように、10 本の外部接続用リード端子 6 が設けられている。

光導波路基板 2 は、図 2 乃至図 4 に示すように、図 4 中の左側端面の 3 つの入力ポート 2 1 と、図 4 中の右側端面の 3 つの出力ポート 2 2 と、図 4 中の下側端面の 3 つの出力ポート 2 3 と、光導波路基板 2 の - Z 側の面に形成された 3×3 個のミラー受け入れ凹部としての溝 2 4 と、光
10 導波路 2 5 とを有している。

3 つの入力ポート 2 1 には 3 本の光入力用光ファイバ 1 1 が、3 つの出力ポート 2 2 には 3 本の光出力用光ファイバ 1 2 が、3 つの出力ポート 2 3 には 3 本の光出力用光ファイバ 1 3 が、それぞれ光学的に結合されている。

15 光導波路 2 5 は、3 つの入力ポート 2 1 に入力された光を、 3×3 個の溝 2 4 の各々に対する 3×3 個の後述するミラー 3 1 の各々の進出（図 2 参照）及び退出（図 3 参照）に応じて選択された出力ポートに導くように、形成されている。本実施の形態では、光導波路 2 5 は 3×3 のマトリクス状に形成され、それらの 3×3 個の交差点部にそれぞれ前
20 記溝 2 4 が形成されている。以上述べた 3×3 の数は、単なる例示であり、これに限定されるものではない。2 次元マトリクス状の構成を採用する場合には、 3×3 に代えて、一般的に、 $M \times N$ （ M 及び N は 2 以上の整数）とすればよい。例えば、 100×100 の場合も原理的には同一である。もっとも、本発明では必ずしも 2 次元マトリクス状の構成を
25 採用する必要はない。各ポート 2 1，2 2，2 3 は、光導波路基板 2 の端面に現れた光導波路 2 5 の端部となっている。なお、光導波路 2 5 は、

コア層及びクラッド層等により構成されるが、その構成は周知である。

前記溝 24 の幅は、光量のロスを抑えるため、可能な限り狭く設定することが好ましい。なお、図 4 において一直線状に並んでいる各溝 24 は、連続させて全体として一本の溝として構成してもよい。

5 このような光導波路基板 2 は、シリコン基板やガラス基板等を用いて公知の製造方法により製造することができることは、言うまでもない。

ところで、光導波路基板 2 の -Z 側の面には、従来と異なり、図 4 に示すように、光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 とを位置合わせするためのアライメントマーク 26 が形成されている。このアライメント
10 マーク 26 は、例えば、通常のフォトリソ・エッチング技術で 1 ミクロン程度彫り込むことで形成することができ、赤外線により観察可能となっている。本実施の形態では、アライメントマーク 26 は、図 4 に示すように、十字状のパターンとされて 2箇所形成されているが、そのパターンや数等は適宜に設定することができる。しかし、後に述べるよう
15 に、アクチュエータ基板 4 に形成されたアライメントマーク 39 との位置合わせを赤外線を使用して行うためには、赤外線により観察可能とされている必要がある。

次に、アクチュエータ基板 4 について、図 5 乃至図 10 を参照して説明する。図 5 は、アクチュエータ基板 4 を模式的に示す概略平面図である。
20 なお、図 5 では、アクチュエータ 32、配線パターン、駆動回路等は省略している。図 6 は、1つのミラー 31 及びこれを支持・駆動する 1つのアクチュエータ 32 を模式的に示す概略拡大平面図である。図 7 は、図 6 中の X1-X2 線に沿った概略断面図である。図 8 は、図 6 中の Y1-Y2 線に沿った概略断面図である。図 9 は、図 7 に対応する概
25 略断面図であり、ミラー 31 がアクチュエータ基板 4 の +Z 側の面に相対的に近い位置（第 2 の位置、本実施の形態ではアクチュエータ基板 4

の+Z側の面上の位置)に保持された状態(以下、「ミラー31が基板4側に引っ込んだ状態」という。を示している。なお、図7は、ミラー31がアクチュエータ基板4の+Z側の面から相対的に遠い位置(第1の位置)に復帰した状態(以下、「ミラー31が基板4から突出した状態」という。)を示している。図10は、アクチュエータ基板4に搭載された回路を示す電気回路図である。

アクチュエータ基板4は、3×3個の微小ミラー31と、これらのミラー31に対応して設けられて当該対応するミラー31を支持し、当該対応するミラー31を、信号に応じて、アクチュエータ基板4の+Z側の面の側(すなわち、+Z側)において当該面から相対的に遠い第1の位置(図7参照)と当該面に相対的に近い第2の位置(図9参照)とに位置させる1つ以上のアクチュエータ32と、を有している。3×3個のミラー31は、図5に示すように、光導波路25の3×3個の溝24と対応する位置に配置されている。

各アクチュエータ32は、図6乃至図9に示すように、可動板33と、可動板33のX軸方向の両側に設けられたフレクチュア部34a, 34bと、を有している。アクチュエータ基板には、可動板33が進入する領域となる凹部38が形成されている。本実施の形態では、アクチュエータ基板4としてシリコン基板等の半導体基板が用いられ、基板4における可動板33との対向部分が第1の電極部を構成している。もともと、基板4とは別に、基板4上に金属膜等により第1の電極部を形成してもよい。

可動板33は、薄膜で構成され、SiN膜又はSiO₂膜などの下側絶縁膜36と、下側絶縁膜36上に形成された第2の電極部としてのA1膜等の金属膜37とから構成されている。金属膜37は、前記第1の電極部を構成している基板4との間の電圧により基板4との間に静電力を生

じ得るものである。

本実施の形態では、可動板 3 3 の X 軸方向の両端部が、バネ性を有するバネ性部としてのフレクチュア部 3 4 a, 3 4 b と、アンカー部 3 5 a, 3 5 b とを、それぞれこの順に介して、基板 4 における凹部 3 8 の
5 周辺部に機械的に接続されている。フレクチュア部 3 4 a, 3 4 b 及びアンカー部 3 5 a, 3 5 b は、可動板 3 3 からそのまま連続して延びた、下側絶縁膜 3 6 及び上側金属膜 3 7 で構成されている。上側金属膜 3 7 は、アンカー部 3 5 a, 3 5 b において、下側絶縁膜 3 6 に形成した穴（図示せず）を介して基板 4 の所定箇所にそれぞれ電氣的に接続されて
10 いる。

フレクチュア部 3 4 a, 3 4 b は、図 6 に示すように平面視で曲がりくねった形状を有している。これにより、可動板 3 3 は、上下に（Z 軸方向に）移動し得るようになっている。すなわち、本実施の形態では、可動板 3 3 は、可動板 3 3 に静電力が作用してないときに（信号が全く
15 供給されていないときに）フレクチュア部 3 4 a, 3 4 b のバネ力（復帰力）により復帰する上側位置（第 1 の位置）（図 7 及び図 8 参照）と、静電力が作用しているときに（信号が供給されているときに）可動板 3 3 が基板 4 の凹部 3 8 に進入してその底部に当接する下側位置（第 2 の位置）（図 9 参照）との間を、移動し得るようになっている。

20 ミラー 3 1 は、可動板 3 3 の上面に直立して固定されている。ミラー 3 1 の反射面の向きは、その法線が X Y 平面と平行な面内において X 軸と 45° をなすように設定されている。もっとも、その向きは光導波路 2 5 の配置に合わせて適宜変更され得る。

ミラー 3 1 が基板 4 側に前記第 1 の位置に復帰している状態（ミラー
25 3 1 が基板 4 から突出した状態）では、図 7 に示すように、X 軸方向に進行して来た入射光は、ミラー 3 1 にて反射され、図 7 中の紙面手前側

に進行する。ミラー 3 1 が前記第 2 の位置に位置している状態（ミラー 3 1 が基板 4 側に引っ込んだ状態）では、図 9 に示すように、X 軸方向に進行して来た入射光は、ミラー 3 1 で反射されることなく、そのまま通過して出射光となる。

- 5 図 7 及び図 9 では、ミラー 3 1 の位置に到達する入射光は空中を伝播するかのように示しているが、光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 とが図 2 及び図 3 に示すように位置合わせされてスペーサ 3 を介して接合されることにより、この入射光は、光導波路基板 2 の光導波路 2 5 により導かれて光導波路基板 2 の溝 2 4 内に到達し、ミラー 3 1 が前記第 1 及び第 2 の位置のいずれに位置しているかによりミラー 3 1 で反射されるかそのまま通過するかされた後に、その方向の光導波路 2 5 に導かれていくことになる。

- すなわち、各ミラー 3 1 の前記第 1 の位置が光導波路基板 2 の各溝 2 4 に対する進出位置となるとともに、各ミラー 3 1 の前記第 2 の位置が各溝 2 4 に対する退出位置となるように、光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 とが位置合わせされてスペーサ 3 を介して接合されている。

- 本実施の形態では、スペーサ 3 の厚さは、図 3 に示すように、各ミラー 3 1 の前記第 2 の位置が溝 2 4 から完全に退出した位置となるように、設定されている。スペーサ 3 は、図 1 1 に示すように枠状に構成され、全てのミラー 3 1 が分布している領域を囲むように設けられている。図 1 1 はスペーサ 3 を示す図であり、図 1 1 (a) はその平面図、図 1 1 (b) は図 1 1 (a) 中の X 3 - X 4 矢視図である。

- 図 2 及び図 3 に示すように、光導波路基板 2 の光導波路 2 5 のコア層の屈折率と略同じ屈折率を持つ屈折率整合液 3 0 が、溝 2 4 内に入るように、光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 との間に充填されている。スペーサ 3 は、屈折率整合液 3 0 を密封するシール構造の一部を構成し

ている。スペーサ 3 は、後述するように光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 との位置合わせの際にミラー 3 1 の破損を防止する上で大きな役割を担うものであるが、屈折率整合液 3 0 のシールを容易に行うことができるようにする作用も持つ。このように、スペーサ 3 に屈折率整合液 3 0 のシールを行う機能を持たせることにより、特別なシール部材を別に設ける必用がないという効果がある。なお、光量のロスを低減させる上で、屈折率整合液 3 0 を充填することが好ましいが、必ずしも屈折率整合液 3 0 を充填する必要はない。

図 5 に示すように、光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 との位置合わせのためのアライメントマーク 3 9 が、アクチュエータ基板 4 の +Z 側の面に形成されている。アライメントマーク 3 9 は、前述したように正確に位置合わせが行われたときに、図 1 に示すように、光導波路基板 2 に形成されたアライメントマーク 2 6 (図 4 参照) とちょうど重なるように、配置されている。このアライメントマーク 3 9 も、例えば、通常のフォトリソ・エッチング技術で 1 ミクロン程度彫り込むことで形成することができ、赤外線により観察可能となっている。アクチュエータ基板 4 は、シリコン基板等で構成され、可視光は透過させないが赤外線を透過させる特性を有している。このように、アライメントマーク 3 9 を赤外線により観察可能なものとし、赤外線を透過可能な材質で作られたアクチュエータ基板 4 を通して観察することにより、アライメントマーク 3 9 がアクチュエータ基板 4 の裏側に設けられているような場合でも、アライメントマーク 3 9 の位置を認識することができる。

本実施の形態では、アクチュエータ基板 4 には、図 1 0 に示す駆動回路が搭載されている。ただし、図 1 0 中の電圧 V C は外部から供給される。

図 6 乃至図 9 に示す 1 つのミラー 3 1 を駆動する 1 つのアクチュエー

タ 3 2 は、電気回路的には、1 個のコンデンサ（第 1 の電極部（基板 4）と第 2 の電極部（可動板 2 1 を構成する金属膜 3 7））とがなすコンデンサ）と見なせる。図 1 0 では、 m 行 n 列のアクチュエータ 3 2 のコンデンサをそれぞれ C_{mn} と表記している。例えば、図 1 0 中の左上の（1 行 1 列の）アクチュエータ 3 2 のコンデンサを C_{11} と表記している。

5 コンデンサ C_{mn} に電圧を印加することで、対応するアクチュエータの可動板 2 1 と基板 4 との間で互いに引き合う静電力が発生して、図 3 及び図 9 に示すようにミラー 3 1 が基板 4 側に引っ込んだ状態となり、コンデンサ C_{mn} を放電することで、対応するアクチュエータの可動板 2

10 1 と基板 4 との間の静電力が消失して前記バネ力により、図 2 及び図 7 に示すようにミラー 3 1 が基板 4 から突出した状態となる。すなわち、コンデンサ C_{mn} に電圧を印加したり放電したりすることで対応するミラー 3 1 を動かすことができる。

図 1 0 に示す回路では、コンデンサ C_{mn} に対して、列選択スイッチ M_{mnb} と行選択スイッチ M_{mna} が設けられている。コンデンサ C_{mn} の一端が行選択スイッチ M_{mna} の一端に接続され、行選択スイッチ M_{mna} の他端が列選択スイッチ M_{mnb} の一端に接続され、列選択スイッチ M_{mnb} の他端は電圧制御スイッチ $MC1$ の一端及び $MC2$ の一端に接続されている。コンデンサ C_{mn} の他端はグラウンドに接続されている。

15

20 いる。電圧制御スイッチ $MC1$ の他端はクランプ電圧 V_C に接続され、電圧制御スイッチ $MC2$ の他端はグラウンドに接続されている。電圧制御スイッチ $MC1$ 、 $MC2$ のゲートは、端子 $C1$ 、 $C2$ にそれぞれ接続されている。

スイッチング素子としての列選択スイッチ M_{mnb} 、行選択スイッチ M_{mna} 、電圧制御スイッチ $MC1$ 、 $MC2$ は、例えば、アクチュエータ基板 4 としてシリコン基板を用いた場合、基板 4 に形成した N 型 MO

25

Sトランジスタで構成することができる。ここでは、これらのスイッチは、N型MOSトランジスタで構成されているものとする。

1行目の行選択スイッチM11a, M12a, M13aのゲートは、配線OV1で共通接続されて、NORゲートNV1の出力端子に接続されている（なお、図においてはNORゲートを一般的に使用されているANDゲートの記号で表示しているが、これらは全てNORゲートである）。同様に、2行目の行選択スイッチのゲートは配線OV2でNORゲートNV2の出力端子に接続され、3行目の行選択スイッチのゲートは配線OV3でNORゲートNV3の出力端子に接続されている。NORゲートNV1～NV3の一方の入力端子は端子V1に接続され、それら
5
10
15
20
25
の他方の入力端子は、配線DV1～DV3をそれぞれ介してデコーダDVの各出力端子にそれぞれ接続されている。デコーダDVは、アドレス端子VA1, VA2の状態に応じた行選択信号を配線DV1～DV3に供給する。

1列目の列選択スイッチM11b, M12b, M13bのゲートは、配線OH1で共通接続されて、NORゲートNH1の出力端子に接続されている。同様に、2列目の列選択スイッチのゲートは配線OH2でNORゲートNH2の出力端子に接続され、3行目の列選択スイッチのゲートは配線OH3でNORゲートNH3の出力端子に接続されている。NORゲートNH1～NH3の一方の入力端子は端子H1に接続され、それら
20
25
の他方の入力端子は、配線DH1～DH3をそれぞれ介してデコーダDHの各出力端子にそれぞれ接続されている。デコーダDHは、アドレス端子HA1, HA2の状態に応じた列選択信号を配線DH1～DH3に供給する。

通常的光ビーム切替調整装置の使用状況では、要求に応じて特定のミラー31を動かす必要がある。例えば、全てのミラー31が図3及び図

- 9に示すミラー31が基板4側に引っ込んだ状態、すなわち全てのコンデンサに電圧が印加されている状態からコンデンサC11に対応するミラー31のみ図7及び図8に示すミラー31が基板4から突出した状態にするときには、スイッチM11a, M11b, MC2をONにして、
- 5 コンデンサC11を放電させる。

その場合は、各スイッチがN型MOSトランジスタであれば、配線OH1, OV1を5V程度のハイレベルにし、配線OH2, OH3, OV2, OV3は0V程度のローレベルにしておく。その後、端子C2をハイレベルにすれば、コンデンサC11の放電が起こる。

- 10 配線OH1をハイレベルにするには、NORゲートNH1の入力端子のどちらかをローレベルにすればよい。端子H1は常にハイレベルにしておき、配線DH1はデコーダDHのアドレス端子HA1, HA2の状態
- 15 デコーダDHのロジックを構成しておく。同様に、配線OV1をハイレベルにするには、NORゲートNV1の入力端子のどちらかをローレベルにすればよい。端子V1は常にハイレベルにしておき、配線DV1はデコーダDVのアドレス端子VA1, VA2の状態
- 20 り、DV2, DV3がハイレベルになるように、デコーダDVのロジックを構成しておく。アドレス端子数Nの時最大で 2^N 出力のデコーダ回路は通常の方法で構成できる。

- このような通常の光ビーム切替調整装置の使用状況時の動作は、NORゲートNV1~NV3, NH1~NH3及び端子V1, H1を取り除
- 25 き、配線OV1, DV1間を直結し、これに対応する配線間も直結しておくことにより、実現することができる。このような駆動回路の構成が、

従来の技術常識に従った回路構成である。

これに対し、本実施の形態では、NORゲートNV1～NV3，NH1～NH3及び端子V1，H1を追加し前述したように配線することにより、制御端子H1，V1をローレベルとすることで、デコーダDH，
5 DVの出力と無関係に、全てのスイッチMnma，MnmbをONとすることができる。このとき、端子H1，V1をローレベル、端子C1をハイレベルにすれば、全てのコンデンサCmnが充電される。その結果、全てのミラー31が基板4側に引っ込んだ状態となる。

したがって、本実施の形態によれば、アドレス端子VA1，VA2，
10 HA1，HA2に信号を供給することなく（すなわち、これらのアドレス端子を電氣的にフローティングにして）、端子H1，V1，C1，C2、クランプ電圧VC端子（図示せず）及びグラウンド端子（図示せず）の、合計6個の端子にそれぞれ前述した所定の信号を供給するだけで、全てのミラー31を基板4側に引っ込んだ状態にすることができる。なお、
15 端子H1，V1に印加すべき信号は常に同一であるので、両者を共通に接続してもよい。この場合、使用すべき端子の数を更に1個減らすことができる。

勿論、NORゲートNV1～NV3，NH1～NH3及び端子V1，H1を取り除いた前記回路構成を採用しても、端子C1，C2，VA1，
20 VA2，HA1，HA2、クランプ電圧VC端子及びグラウンド端子の、合計8個の端子にそれぞれ所定の信号を供給すれば、全てのミラー31を基板4側に引っ込んだ状態にすることができる。しかしながら、この場合には、使用すべき端子の数が増大することは避けられない。特に、ミラー31の数が増えると、それに応じてアドレス端子の数も増えることから、全てのミラー31を基板4側に引っ込んだ状態にするために使用
25 すべき端子の数が大幅に増大してしまう。例えば、光入力用光ファイ

バ 1 1 の数、光出力用光ファイバ 1 2 の数及び光出力用光ファイバ 1 3 の数をそれぞれ 6 4 本とする場合には、ミラー 3 1 の数は $6 4 \times 6 4$ 個となる。 $6 4 = 2^6$ であるので、アドレス端子の数は、水平 6 個垂直 6 個の合計 1 2 個必要となる。

- 5 この場合、NOR ゲート NV 1 ~ NV 3 , NH 1 ~ NH 3 及び端子 V 1 , H 1 を取り除いた前記回路構成を採用して、全てのミラー 3 1 を図 9 に示すような状態にするためには、端子 C 1 , C 2 、クランプ電圧 V C 端子及びグラウンド端子の他に 1 2 個のアドレス端子に信号を供給する必要がある、合計 1 6 個もの端子に信号を供給する必要がある。これ
- 10 に対し、本実施の形態のように、NOR ゲート NV 1 ~ NV 3 , NH 1 ~ NH 3 及び端子 V 1 , H 1 を用いた回路構成を採用すれば、ミラー 3 1 の数が $6 4 \times 6 4$ 個であっても、ミラー 3 1 の数と無関係に 6 個の端子に信号を供給するだけで、全てのミラー 3 1 を基板 4 側に引っ込んだ状態にすることができる。

- 15 本実施の形態による光ビーム切替調整装置の製造時において全てのミラー 3 1 を基板 4 側に引っ込んだ状態にすることや、その状態にするのに少ない端子しか使用しなくて済むことによって、多大な利点を得ることができるが、この点については、後に説明する。

- 20 本実施の形態では、図 5 に示すように、アクチュエータ基板 4 の + Z 側の面には、端子 H 1 , V 1 , C 1 , C 2 , V A 1 , V A 2 , H A 1 , H A 2 、クランプ電圧 V C 端子及びグラウンド端子にそれぞれ相当する 1 0 個の電気接続用のパッド（第 1 のパッド） 4 0 が形成されている。

- 25 以上説明した構成を有するアクチュエータ基板 4 は、例えば、MOS トランジスタ製造プロセスの他、膜の形成及びパターニング、エッチングなどの半導体製造技術を利用して、製造することができる。

ここで、アクチュエータ基板 4 と中継基板 5 との関係について、図 1

乃至図 3 のみならず図 1 2 も参照して説明する。図 1 2 は、図 1 に示す光ビーム切替調整装置の製造過程における、アクチュエータ基板 4 と中継基板 5 との組立体を、模式的に示す図であり、図 1 2 (a) は +Z 側から見た概略平面図、図 1 2 (b) は図 1 2 (a) 中の Y 3 - Y 4 矢視図、図 1 2 (c) は -Z 側から見た概略平面図である。

これらの図に示すように、中継基板 5 は、アクチュエータ基板 4 に対する電氣的な接続の中継を行うための基板であり、例えば、セラミック基板により構成され、赤外線を実質的に透過させない特性を有している。中継基板 5 は、その一部がアクチュエータ基板 4 からはみ出すように、
10 アクチュエータ基板 4 の -Z 側の面に接合されている。アクチュエータ基板 4 の +Z 側の面に形成されたアライメントマーク 3 9 に対応するアクチュエータ基板 4 の -Z 側の面領域を中継基板 5 が覆わないように、中継基板 5 の中央部には、開口部 4 1 が形成されている。このような開口部 4 1 を設けることは、中継基板 5 が赤外線を透過させるようなもの
15 であっても、なるべく赤外線の減衰を少なくしてアライメントマーク 3 9 をはっきり認識できるようにするために好ましい。

図 1 2 に示すように、アクチュエータ基板 4 からの中継基板 5 のはみ出し部分における +Z 側の面には、アクチュエータ基板 4 のパッド (第 1 のパッド) 4 0 と 1 対 1 に対応する 1 0 個の電気接続用のパッド (第 2 のパッド) 4 2 が形成されている。各パッド 4 0 と各パッド 4 2 とが、
20 金線等のボンディングワイヤ 4 3 によりそれぞれ電氣的に接続されている。このように、中継基板 5 にアクチュエータ基板 4 からはみ出した部分を設けることにより、このはみ出し部分に電気接続用のパッド (第 2 のパッド) 4 2 を設けて、アクチュエータ基板 4 のパッド (第 1 のパッド) 4 0 との電氣的接続を行うことが容易となる。電氣的接続には、
25 前述のようにワイヤボンディングを使用すると、作業が容易となる。

10 個のパッド 4 2 のうちの一部のパッドである 6 個のパッド 4 2 にそれぞれ電氣的に接続された 6 本の配線パターン 4 4 が、中継基板 5 のはみ出し部分の + Z 側の面に形成されている。6 本の配線パターン 4 4 は、前記はみ出し部分の端縁までそれぞれ延び、その端縁付近の部分同士
5 士の配置ピッチが、パッド 4 0 の配置ピッチ及び後述するパッド 4 6 の配置ピッチより広がっている。図 1 2 に示す状態では、6 本の配線パターン 4 4 の端縁付近の部分に、6 本の仮設のリード端子 4 5 の根元部分が接続され、リード端子 4 5 の配置ピッチも広がっている。このように、6 本の配線パターン 4 4 の端縁付近の部分同士の配置ピッチを、
10 パッド 4 0 の配置ピッチ及び後述するパッド 4 6 の配置ピッチより広くすることにより、後に述べるように、仮設のリード端子 4 5 にリード線を接続し、仮の電圧印加回路から給電してマイクロアクチュエータを作動させて、全てのミラー 3 1 が基板 4 側に引っ込んだ状態でアクチュエータ基板 4 と光導波路基板 2 との位置合わせを行うとき、リード線の取
15 り付けが容易となる。

前記 6 個のパッド 4 2 は、全てのミラー 3 1 を基板 4 側に引っ込んだ状態にするために使用される前述した端子 H 1, V 1, C 1, C 2、クランプ電圧 V C 端子及びグラウンド端子にそれぞれ対応している。したがって、これらの 6 個の端子がそれぞれリード端子 4 5 にそれぞれ電氣的に接続されている。このため、6 個のリード端子 4 5 から前述した所
20 定の信号を供給すると、全てのミラー 3 1 を基板 4 側に引っ込んだ状態にすることができる。図 1 2 に示す状態では、全く信号が供給されていないので、図 1 2 (b) に示すように、全てのミラー 3 1 がアクチュエータ基板 4 から突出した状態となっている。リード端子 4 5 は、後述するように、光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 との位置合わせ時に
25 使用されるものであり、その位置合わせ後にアクチュエータ基板 4 の端

縁に沿って切除され、リード端子 4 5 の根元部分のみが配線パターン 4 4 上に残る。したがって、図 1 では、リード端子 4 5 は現れていない。

本実施の形態では、6 組の配線パターン 4 4 及びリード端子 4 5 の残りの根元部分が、各々が 6 個のパッド 4 0 に電氣的に接続された 6 個の導電部を構成している。前述した説明からわかるように、これらの導電部の端縁側部分同士の設定ピッチは、パッド 4 0 の設定ピッチ及び後述するパッド 4 6 の設定ピッチより広くなっている。

中継基板 5 の - Z 側の面には、図 1 及び図 1 2 に示すように、電気接続用の 10 個のパッド (第 3 のパッド) 4 6 が形成されている。10 個の第 3 のパッド 4 6 は、10 個の第 2 のパッド 4 2 に、図示しないスルーホールを介して、それぞれ電氣的に接続されている。このように、第 2 のパッド 4 2 が設けられる中継基板 5 の面と、電気接続用のパッド (第 3 のパッド) 4 6 が設けられる中継基板 5 の面を互いに逆の面にする事により、第 2 のパッド 4 2 と第 3 のパッド 4 6 が位置的に干渉するのを防ぐことができる。また、この事により、光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 とを組み立てた状態で、組立体の外側に位置することになる第 3 のパッド 4 6 に外部配線を接続することができるようになり、外部配線作業が容易になる。

10 個のパッド 4 6 は、図 1 に示すように、基体 1 に設けられた 10 本の外部接続用リード端子 6 に、金線等のボンディングワイヤ 4 7 によりそれぞれ電氣的に接続されている。この接続には、必ずしもボンディングワイヤを用いる必要はないが、ボンディングワイヤを用いた接続方法を採用することにより、作業を効率化できる。したがって、10 本の外部接続用リード端子 6 は、端子 H 1, V 1, C 1, C 2, V A 1, V A 2, H A 1, H A 2、クランプ電圧 V C 端子及びグラウンド端子にそれぞれ電氣的に接続されている。このため、外部接続用リード端子 6 か

ら、所望の光スイッチ動作を行わせるための信号を供給することができる。

前述した電氣的な接続が行われているので、アクチュエータ基板 4 に搭載されている図 10 に示す駆動回路は、10 個のパッド 46 にそれぞれ所望の光スイッチ動作を行わせるための信号が供給されたときに、当該光スイッチ動作を行わせるように、かつ、前記 6 個の導電部にそれぞれ所定の信号が供給されたときに、全てのミラー 31 が基板 4 側に引っ込んだ状態となるように、アクチュエータ 31 を駆動することになる。

なお、図 13 に示すような中継基板 5 を用いた場合には、図 1 に示す例と異なり、基体 1 に設けた外部接続用リード端子 6 を用いることなく、直接アクチュエータ基板 4 側に電源を供給できる。

なお、アクチュエータ基板 4 に直接電源を供給するには、必ずしも図 13 における中継基板を使用する必要はない。例えば、図 13 において、中継基板 5 とそれに付属する第 2 のパッド 42、配線パターン 44、リード端子 45、第 3 のパッド 46 を取り去り、予めパッド 40 に直接外部への引き出し配線を接続しておき、その引き出し配線を通じて給電を行うようにしてもよい。このようにすれば、中継基板 5 を用いなくても、基体 1 に設けた外部接続用リード端子 6 を用いることなく、直接アクチュエータ基板 4 側に電源を供給できるので、構造が簡単となる。

次に、以上の本実施の形態による光ビーム切替調整装置を製造する製造方法の一例について、説明する。

まず、基体 1、光導波路基板 2、外部接続用リード端子 6、及び光ファイバ 11、12、13 をそれぞれ用意し、これらを図 4 に示す組立体の状態に組み立てる。すなわち、基体 1 にリード端子 6 を取り付け、光導波路基板 2 を接着剤等により基体 1 に接合し、光導波路基板 2 の各ポート 21～23 に光ファイバ 11～13 をそれぞれ結合する。もっとも、

光導波路基板 2 の基体 1 への接合や、光ファイバ 1 1 ~ 1 3 の結合は、後述するように光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 とを位置合わせしてスペーサ 3 を介して接合した後に、行ってもよい。

- 一方、アクチュエータ基板 4 及び中継基板 5 をそれぞれ用意し、これらを図 1 2 に示す組立体の状態に組み立てる。すなわち、アクチュエータ基板 4 と中継基板 5 とを接着剤等で接合し、パッド 4 0 , 4 2 間をワイヤボンダ法により金線等のボンディングワイヤ 4 3 で接続し、配線パターン 4 4 に仮設のリード端子 4 5 を接続する。図 1 2 に示す組立体の状態、アクチュエータ基板 4 に中継基板 5 を介して信号を供給して、
- 5 アクチュエータ基板 4 の動作を確認し、アクチュエータ基板 4 を検査する。このとき、アクチュエータ基板 4 が不良であれば、このアクチュエータ基板 4 を光導波路基板 2 に組み付けることなく廃棄等することができ、中継基板 5 を設けずにアクチュエータ基板 4 上のパッドを基体 1 上の外部接続用リード端子 6 に直接に接続する構成を採用することも可能であるが、その場合には、アクチュエータ基板 4 単体でその検査を行
- 10 うことが困難であるため、最終的に光ビーム切替調整装置が完成した段階でしかアクチュエータ基板の良・不良を確認することができない。この場合、アクチュエータ基板 4 が不良であった場合には、その光ビーム切替調整装置全体を廃棄等せざるを得ず、部品の面でも製造の手数の面
- 15 でも無駄が多く、コストアップを免れない。

次に、スペーサ 3 を光導波路基板 2 に接着剤や半田等で気密に接合する。その代わりに、スペーサ 3 をアクチュエータ基板 4 に接合しておいてもよい。

- その後、図 1 2 に示す組立体のアクチュエータ基板 4 と光導波路基板 2 とを位置合わせして、アクチュエータ基板 4 とスペーサ 3 とを接着剤や半田等により気密に接合する。予めスペーサ 3 をアクチュエータ基板
- 25

4に接合した場合には、スペーサ3と光導波路基板2とを接合すればよい。

この位置合わせの様子を図14に示す。図14は、アクチュエータ基板4と光導波路基板2との位置合わせの様子を模式的に示す概略断面図であり、図2及び図3に対応している。この位置合わせは、図13に示すように、電圧印加回路51からリード線52を介して図12に示す組立体のリード端子45に、前述した所定の信号を供給して、全てのミラー31が基板4側に引っ込んだ状態で行う。図13は、図12に示す組立体に対する電圧印加状況を示す図であり、図13(a)は+Z側から見た概略平面図、図13(b)は図13(a)中のY5-Y6矢視図である。全てのミラー31が基板4側に引っ込んだ状態で位置合わせを行うので、アクチュエータ基板4の図4中の左右方向の位置がずれた状態でアクチュエータ基板4が図4中の下方に下げられたとしても、ミラー31が光導波路基板2の溝24以外の部分にぶつかる前に、アクチュエータ基板4がスペーサ3に当接した状態で規制される(このことは、図3からもわかる。)。特に、図11に示すように、スペーサ3が、アクチュエータ基板4におけるミラー31が分布している領域を囲むように、設けることにより、この効果は確実なものとなる。これにより、ミラー31が他の箇所にもぶつかって破損するような事態が防止され、歩留りが向上する。このような位置合わせ時におけるミラー31の完全な破損防止効果は、位置合わせ時に全てのミラー31を基板4側に引っ込んだ状態にするという点とスペーサ3を介在させる点の両方によって、得られる。しかしながら、両者のいずれか一方の手段を採用するだけでも、両者の手段を全く採用しない場合に比べれば、ミラー31が破損してしまうような事態ははるかに生じ難くなる。

前述したように、全てのミラー31を基板4側に引っ込んだ状態にす

るために使用する端子の数が6個で済むため、仮設のリード端子45の数も6本で済み、そのリード端子45の配置ピッチを、電圧印加回路21に対する電気配線を容易に行うことができる程度に確保しつつ、中継基板5を小型化することができ、ひいては光ビーム切替調整装置の小型化及びコストダウンを図ることができる。例えば、NORゲートNV1～NV3，NH1～NH3及び端子V1，H1を取り除いた前記回路構成を採用した場合、前述したミラー31の数が 64×64 個の例では、リード端子45を16本も並べる必要があり、中継基板5をかなり大きくしなければならず、光ビーム切替調整装置の大型化とコストアップを免れない。なお、パッド42はリード端子45に比べて狭いピッチで作製することが一般的に可能である。

また、アクチュエータ基板4と光導波路基板2との位置合わせは、光導波路基板2，アクチュエータ基板4にそれぞれ形成されたアライメントマーク26，39を赤外線により観察しながら、行う。例えば赤外線顕微鏡を用いて、アクチュエータ基板4を透過してアライメントマーク26，39を観察し、それらのマーク26，39が全て重なる位置にアクチュエータ基板4を横方向に移動させることと、アクチュエータ基板4を光導波路基板2に接近させることとを、同時に又は交互に繰り返しながら、アライメントマーク26，29が合った後にアクチュエータ基板4をスペーサ3に接触させて、アクチュエータ基板4を接着剤等によりスペーサ3に接合する。このように、アライメントマーク26，29を利用して位置合わせが行われるので、位置合わせが容易となるとともに、精度良く位置合わせを行うことができる。

そして、本実施の形態では、アライメントマーク26，39は光導波路基板2及びアクチュエータ基板2の互いに対向する面に形成されているので、一方又は両方のアライメントマークを反対側の面に形成する場

合に比べて、アライメントマーク 26, 39 間の距離が近づくため、より精度良く位置合わせを行うことができる。このようなアライメントマーク 26, 39 の配置を採用しても、アクチュエータ基板 4 が赤外線透過する特性を有し、しかも、赤外線を透過させない中継基板 5 はアライメントマーク 39 の箇所を覆わないように設けられているので、アライメントマークの観察に何ら支障を来さない。

以上のように全てのミラー 31 を基板 4 側に引っ込んだ状態にしてアクチュエータ基板 4 とスペーサ 3 とを接合した後、電圧印加回路 51 の出力電圧を変化させ全てのミラー 31 を基板 4 から突出した状態にする。

10 リード端子 45 を介して図 10 中の端子 C1 をローレベルにし、次に端子 C2 をハイレベルにすれば、全てのコンデンサ Cmn の電圧が放電され静電力が無くなるため、アクチュエータ 32 のバネ力によって全てのミラー 31 が基板 4 から突出した状態となる。その結果、全てのミラー 31 は、光導波路基板 2 の溝 24 に収まる。このようにミラー 31 を基板 4 から突出した状態に復帰させる際には、ミラー 31 が基板 4 側に引っ込んだ状態から徐々に復帰させることが好ましい。

前述した位置合わせが完全ではなくミラー 31 が溝 24 からずれているような場合、ミラー 31 を基板 4 から突出した状態に急激に復帰させると、すなわち、コンデンサ Cmn の電圧の放電を急減に行うと、ミラー 31 が破損してしまうおそれがあるからである。ミラー 31 が基板 4 側に引っ込んだ状態から基板 4 から突出した状態に徐々に復帰させるためには、例えば、電圧印加回路 51 が供給するクランプ電圧 VC を徐々に低下させればよい。

その後、全てのリード端子 45 を、切断工具などで、アクチュエータ

25 基板 4 の端縁に沿って切除する。もはや、電圧印加回路 51 からの信号の供給が不要となるためである。

次に、光導波路基板 2、アクチュエータ基板 4 又はスペーサ 3 に予め設けておいた注入口（図示せず）から、屈折率整合液 30 を光導波路基板 2 とアクチュエータ基板 4 との間に注入し、その注入後に前記注入口を封止する。屈折率整合液 30 の注入に伴い、その注入圧による流体圧がミラー 31 に作用する。しかしながら、屈折率整合液 30 の注入は、ミラー 31 が基板 4 から突出して溝 24 内に進出した状態で行われているため、ミラー 31 が受ける流体圧は小さくなり、ミラー 31 が破損するおそれがない。ミラー 31 が基板 4 側に引っ込んで溝 24 から退出した状態で屈折率整合液 30 を注入すると、ミラー 31 が受ける流体圧が大きくなり、屈折率整合液 30 の注入圧を低下させない限り、ミラー 31 が破損するおそれが生ずる。

次いで、中継基板 5 のパッド 46 と基体 1 の外部接続用リード端子 6 との間をワイヤボンダ法により金線等のボンディングワイヤ 47 で接続する。これにより、図 1 に示す状態の組み立てが完了する。

その後、必要に応じてパッケージを完成させる工程などを行い、本実施の形態による光ビーム切替調整装置が完成する。

以上、本発明の実施の形態の例である光ビーム切替調整装置とその製造方法について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

例えば、前記実施の形態では、アクチュエータ 32 の構造として、可動板 33 の両側をフレクチュア部 34a, 34b で支持する構造を採用されているが、例えば、カンチレバー（片持ち梁）を利用した構造を採用してもよい。

図 15 は、本発明の光ビーム切替調整装置の構成例を説明するための図で、図 15 (a) はこの装置の平面図であり、図 15 (b) は、図 15 (a) の A-A' における断面図である。なお、図 15 から図 17 においては、同じ構成要素には同じ符号を付して、図面ごとにおける説明

を省略することがある。

図15 (a) に示すように、この光ビーム切替調整装置は、コア支持基板112上に第1および第2の光導波路コア101 (101aおよび101b) を備え、第1の光導波路コア101aの端部が入射側光ファイバ105及び透過側光ファイバ106に接続され、第2の光導波路コア101bの一端が反射側光ファイバ107に接続されている。また、光導波路コアの交差部には光導波路を横断するようにスリット102 (102aおよび102b) が設けられている。なお、図15 (a) において、挿入板駆動機構収容部113と挿入板駆動機構支持基板114は省略されている。

また、図15 (b) に示すように、コア支持基板112の上面領域には、挿入板駆動機構収容部113を介して挿入板駆動機構支持基板114が配置され、挿入板103 (103aおよび103b) は、この挿入板駆動機構支持基板114に支持された挿入板駆動機構111によって支持されている。挿入板駆動機構支持基板114には、コア支持基板112の側面部に設けられた配線端子109に接続された挿入板駆動用配線110が施されており、スリット102の上部に対向して配置されている挿入板103が、電磁力あるいは静電力によって動作する挿入板駆動機構111により上下に駆動してスリット102内での拔差しが行われ、光ファイバコア部108から入射してきた光ビームの光路を切り替えることによるスイッチング動作や透過光量の調整による減衰動作を可能としている。

すなわち、図15 (a) に示すように、例えば、挿入板103bがスリット102bから抜き出された状態では、入射側光ファイバ105に結合した第1の光導波路コア101aからスリット102bへと入射してきた入射光ビーム104aはそのまま対向する光導波路コア101a

の端面に結合して透過光ビーム 104 c となる一方、挿入板 103 a がスリット 102 a 内に挿入された状態では、入射光ビーム 104 a は挿入板 103 a によって反射されて反射光ビーム 104 b となり光導波路コア 101 b の端面に結合して光ビームの光路の切替が行われてスイッチング動作が実現する。なお、スリット 102 内での挿入板 103 の挿入位置（挿入深さ）を調整して透過光強度の減衰動作を実現させることも可能である。

通常、光ビーム切替装置では挿入板駆動用配線は金属配線とされ、この金属配線がスリット内での挿入板の挿入位置（挿入深さ）の顕微鏡観察の支障となる。特に、金属配線がスリットと挿入板の近傍に配置されている場合には観察が極めて困難となる。このため本発明の光ビーム切替装置では、挿入板 103 近傍ではなく挿入板 103 の周囲に挿入板駆動用配線 110 を配置することとしてスリット 102 と挿入板 103 とのコア保持基板 112 面に平行な平面内での面内位置関係の観察が容易となるように工夫されている。

すなわち、図 15 (a) に示すように、挿入板駆動用配線 110 はスリット 102 と挿入板 103 の位置を避けて配線されており、通常の観察方向であるコア支持基板 112 表面の法線方向からスリット 102 と挿入板 103 との面内位置関係を観察する際の支障とならないように工夫されている。さらに、この光ビーム切替調整装置では、コア支持基板 112 表面の法線方向からの観察を可能とするために、図 15 (b) 中に示したスリット 102 と挿入板 103 とを含む領域 115 が顕微鏡観察に用いられる光を透過する材質で形成されるとともに、その領域 115 の形状も観察光を遮蔽しない形状とされている。

図 15 に示した装置の構成は、観察光をコア支持基板 112 および挿入板駆動機構支持基板 114 を透過させて観察する場合の構成例である

が、コア支持基板 1 1 2 側から光を入射させてその反射像から位置観察する装置の場合には、コア支持基板 1 1 2 のスリット 1 0 2 を含む領域が観察光に対して透明な材質および形状を採用すればよい。また、挿入板駆動機構支持基板 1 1 4 側から光を入射してその反射光を観察する場合
5 合には、挿入板駆動機構支持基板 1 1 4 の挿入板 1 0 3 近傍領域を観察光に対して透明な構成とすればよい。

本発明の光ビーム切替調整装置の製造プロセスの概略は以下のとおりである。

光ビーム切替調整装置においては、入射光ビームに対する透過光ビーム
10 ムおよび反射光ビームのスリット内での光損失を極めて小さく抑える必要がある。スリット内での光損失を例えば 0.5 dB 程度以下とするためには、スリット幅を 10 μ m 以内とするのが好ましたため、本発明の光ビーム切替調整装置においても、10 μ m 以内の幅をもつ光導波路コアおよびスリットを形成する場合には、シリコン基板上に石英を堆積させ
15 た後に石英をエッチングする、いわゆる「PLC (プレーナライトウェイブサーキット)」技術を採用する。なお、本発明の光ビーム切替調整装置のコア支持基板としてはシリコン基板の他、ガラス基板等であってもよい。

本発明の光ビーム切替調整装置を、挿入板のスリット内での位置を制
20 御して透過光ビーム強度を変化させる可変減衰装置としてのみ用いる場合には、上述した機能のうちスイッチング動作機能をもたせる必要はない。この場合には、図 15 に示したような互いに交差する光導波路コアの形成は不要となり、光導波路コアの形成に PLC 技術を用いる必要もなくなる。その場合には、V 溝等を設けることによって光ファイバの位
25 置指定が可能なガラス基板を用い、これに接着固定した光ファイバにスリットを形成することとして、光ファイバコア部を光導波路コア、ガラス

基板をコア支持基板とすることとしてもよい。

一方、挿入板はMEMS技術を用いてシリコン基板上に形成され、このシリコン基板を挿入板駆動機構支持基板とし、予め設けた合わせマーク等によりスリットと挿入板との面内位置関係を最適化して接着して光
5 ビーム切替装置として完成する。また、接着が完了する前に挿入板とスリットとの位置合わせ状態を微調整する場合も、外部からモニタできる本発明は有効である。

上述した本発明の光ビーム切替装置で採用した構成の効果を確認するために、光導波路コアと挿入板の各々をシリコン基板であるコア支持基
10 板および挿入板駆動機構支持基板上に形成し、さらに、挿入板とスリットの近傍への配線を回避するパターンで挿入板駆動機構支持基板上にアルミニウムの挿入板駆動用配線を形成して光ビーム切替調整装置を作製した。この光ビーム切替調整装置のコア支持基板側から赤外線を透過させ、その透過光を挿入板駆動機構支持基板側から赤外線顕微鏡で観察し
15 た結果、挿入板駆動用配線等によって赤外線が遮蔽されることなく挿入板とスリットとの面内位置関係が明瞭に観察された。

また、挿入板駆動機構支持基板側から赤外線を入射させてその反射像を観察した場合およびコア支持基板側から赤外線を入射させてその反射像をコア支持基板側から観察した場合にも、挿入板とスリットとの面内
20 位置関係が明瞭に観察された。

さらに、ガラス基板をコア支持基板とし、この上に光ファイバコア部の光導波路コアを形成した可変減衰装置においては、コア支持基板側から挿入板とスリットとの面内位置関係が明瞭に観察された。

これまで説明してきた位置観察は、挿入板とスリットとのコア支持基
25 板面に平行な平面内での相対的位置に関するものであるが、このような平面観察の場合には、顕微鏡の焦点を挿入板に合わせることができたと

しても顕微鏡の倍率が高いところで被写界深度が浅いためにスリット内での挿入板の深さ方向の位置が不明となることが普通であり、スリット内での挿入板の深さ方向の位置が分りにくい。平面内での位置関係情報に加えて挿入板のスリット内での深さ方向での位置情報をも同時に得るためには、本発明の光ビーム切替調整装置の挿入板に深さ検出用マーカ（目印）を備えることが有効であり、このマーカに顕微鏡の焦点を合わせることによって挿入板の深さ位置が観察可能となる。

図16は、挿入板103の適当な位置に突起状の深さ検出用マーカ116を備える構成とした本発明の光ビーム切替装置のスリット102および挿入板103近傍の様子を説明するための図で、この図に示した挿入板103には左右3つずつ計6つの深さ検出用マーカ116が設けられている。なお、この図では深さ検出用マーカ116を挿入板103に設ける構成としたが、挿入板103と光導波路コア101の両方にマーカを形成する構成としてもよい。その構成を採用すると、挿入板103とスリット102との深さ方向位置での関係がより観察しやすくなるだけでなく、挿入板103の延在方向と位置観察の方向とを一致させるように観察条件を設定することによりマーカ同士の重なり具合からスリット102内での挿入板103の傾きの程度を求めることが可能となる。さらに、マーカの形状は突起に限らず窪み等の凹凸部（変局部分）であればよく、そのようなマーカが挿入板103に少なくとも1つ設けられていればよい。

さらに、挿入板103の先端部分に、深さ検出用マーカの突起部を例えば116aのように取り付けると、これは、接着後にコア支持基板112側からスリット102と挿入板103の位置関係を観察するのに好都合であり、接着の微調整にも有効である。

このようなマーカを設けることの効果を確認するため、図16に示し

- た突起をマーカとする構成の光ビーム切替調整装置を用いて、挿入板 103 のスリット 102 内への挿入状況を観察した。その結果、コア 101 の深さを基準として突起の位置を顕微鏡の深さ目盛りで読みとったところ、 $3\mu\text{m}$ 以内に挿入板 103 の位置を検出することができた。また、
- 5 突起同士が重なって観察される場合には、観察方向の挿入板の傾きは殆どないことも確認された。さらに、突起同士が重なって観察されない場合には、各突起の水平方向で位置のずれと挿入板作製時の突起間距離とから挿入板の傾きを計算により求めることが可能であった。

10 産業上の利用可能性

本発明の光ビーム切替調整装置は、たとえば光通信システムにおいて、光ビームの光路変換や透過量調整を行うために利用することができる。

請求の範囲

1. 1つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された1つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記1つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記1つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、

- 前記1つ以上のミラーと、前記1つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第1の位置と当該面に相対的に近い第2の位置とに位置させる1つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、を備え、

- 15 前記1つ以上のミラーの前記第1の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記1つ以上のミラーの前記第2の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合され、

- 20 前記光導波路基板には、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを位置合わせするための第1のアライメントマークが形成され、

前記アクチュエータ基板には、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを位置合わせするための第2のアライメントマークが形成されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

- 25 2. 請求の範囲第1項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記第1及び第2のアライメントマークは、赤外線により観察可能であるこ

とを特徴とする光ビーム切替調整装置。

3. 請求の範囲第1項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記第1又は第2の発明であって、前記第1のアライメントマークは、前記光導波路基板の前記一方の面に形成され、

5 前記第2のアライメントマークは、前記アクチュエータ基板の前記一方の面に形成され、

前記アクチュエータ基板は、赤外線を透過させる特性を有することを特徴とする光ビーム切替調整装置。

4. 1つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された1つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記1つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記1つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、

15 前記1つ以上のミラーと、前記1つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第1の位置と当該面に相対的に近い第2の位置とに位置させる1つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、

20 を備え、

前記1つ以上のミラーの前記第1の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記1つ以上のミラーの前記第2の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合されてなる光ビーム切替調整装置であって、

25 前記アクチュエータ基板への給電が、外部から前記アクチュエータ基

板へ直接行われることを特徴とする光ビーム切替調整装置。

5. 1つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された1つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記1つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、
- 5 前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記1つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、

- 前記1つ以上のミラーと、前記1つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、
- 10 当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第1の位置と当該面に相対的に近い第2の位置とに位置させる1つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、
- を備え、

- 前記1つ以上のミラーの前記第1の位置が前記1つ以上のミラー受け
- 15 入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記1つ以上のミラーの前記第2の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合されてなる光ビーム切替調整装置であって、

- 前記アクチュエータ基板に対する電氣的な接続の中継を行うための中
- 20 継基板を備え、

前記中継基板は、その一部が前記アクチュエータ基板からはみ出すように、前記アクチュエータ基板の他方の面に接合され、

- 前記中継基板は、前記第2のアライメントマークに対応する前記アクチュエータ基板の前記他方の面の領域を、覆わないことを特徴とする光
- 25 ビーム切替調整装置。

6. 請求の範囲第5項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記

5.1

アクチュエータ基板の前記一方の面に複数の電気接続用の第 1 のパッドが形成され、

前記アクチュエータ基板からの前記中継基板のはみ出し部分における前記アクチュエータ基板側の面に、複数の電気接続用の第 2 のパッドが

5 形成され、

前記複数の第 1 のパッドと前記複数の第 2 のパッドとが、ボンディングワイヤによりそれぞれ電氣的に接続され、

前記中継基板に、各々が前記複数の第 2 のパッドのいずれかと電氣的に接続された電気接続用の複数の第 3 のパッドが形成され、

10 前記中継基板に、各々が前記複数の第 2 のパッドのうちの一部の第 2 のパッドにそれぞれ電氣的に接続された複数の導電部が形成され、

前記複数の導電部の各々の少なくとも一部分同士の間隔は、前記複数の第 2 のパッドの間隔及び前記複数の第 3 のパッドの間隔より広いことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

15 7. 請求の範囲第 6 項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記複数の導電部は、前記中継基板の前記はみ出し部分における前記アクチュエータ基板側の面に形成され、

前記複数の第 3 のパッドは、前記中継基板の前記アクチュエータ基板と反対側の面に形成されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

20 8. 請求の範囲第 6 項に記載の光ビーム切替調整装置であって、複数の外部接続用リード端子を有する基体を備え、

前記複数の第 3 のパッドと前記複数の外部接続用リード端子とが、ボンディングワイヤによりそれぞれ電氣的に接続されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

25 9. 1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1

つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、

- 5 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、

- 10 を備え、

前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わ

- 15 せられて接合されてなる光ビーム切替調整装置であって、

前記アクチュエータ基板が、前記アクチュエータを電氣的に駆動するための複数の給電端子を備え、当該複数の給電端子には、前記アクチュエータを個別に駆動するための給電を行う 1 個以上の第 1 種の端子の他に、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記第 2 の位置に位置するように前記アクチュエータを一斉に駆動するための給電を行う 1 個以上の第 2 種の端子が含まれることを特徴とする光ビーム切替調整装置。

- 20 10. 請求の範囲第 9 項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記第 1 種の端子にそれぞれ所望の光スイッチ動作を行わせるための信号が供給されたときに、当該光スイッチ動作を行わせるように、かつ、前記第 2 種の端子に所定の信号が供給されたときに、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記第 2 の位置に位置するように、前記 1 つ以上のアクチュ

エータを駆動する駆動回路が、前記アクチュエータ基板に搭載されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

11. 請求の範囲第9項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記ミラーに少なくとも1つの凹凸部を備え、当該凹凸部を前記顕微鏡観察の焦点合わせ基準とすることにより前記ミラー受け入れ凹部内での前記ミラーの挿入深さ観察を可能としたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

12. 請求の範囲第1項から第11項のうちいずれか1項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記1つ以上のミラーの前記第2の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部から完全に退出した位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とがスペーサを介して接合されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

13. 請求の範囲第12項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記スペーサは、前記アクチュエータ基板における前記1つ以上のミラーが分布している領域を囲むように、設けられたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

14. 請求の範囲第13項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記光導波路のコア層の屈折率と略同じ屈折率を持つ屈折率整合液が、前記ミラー受け入れ凹部内に入るように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との間に充填され、

前記スペーサは、前記屈折率整合液を密封するシール構造の一部を構成することを特徴とする光ビーム切替調整装置。

15. 1つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された1つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記1つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記1つ以上のミラー

の進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、

- 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、
- 5 当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、

前記アクチュエータ基板に対する電氣的な接続の中継を行うための中継基板と、

- 10 を備え、

前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わ

- 15 せられて接合され、

前記中継基板は、その一部が前記アクチュエータ基板からはみ出すように、前記アクチュエータ基板の他方の面に接合されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

16. 請求の範囲第 15 項に記載の光ビーム切替調整装置であって、
- 20 前記アクチュエータ基板の前記一方の面に複数の電気接続用の第 1 のパッドが形成され、

前記アクチュエータ基板からの前記中継基板のはみ出し部分における前記アクチュエータ基板側の面に、複数の電気接続用の第 2 のパッドが形成され、

- 25 前記複数の第 1 のパッドと前記複数の第 2 のパッドとが、ボンディングワイヤによりそれぞれ電氣的に接続され、

前記中継基板に、各々が前記複数の第2のパッドのいずれかと電氣的に接続された電気接続用の複数の第3のパッドが形成されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

17. 請求の範囲第15項又は第16項に記載の光ビーム切替調整装置であって、複数の外部接続用リード端子を有する基体を備え、

前記複数の第3のパッドと前記複数の外部接続用リード端子とが、ボンディングワイヤによりそれぞれ電氣的に接続されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

18. 請求の範囲第16項に記載の光ビーム切替調整装置であって、
10 前記中継基板に、各々が前記複数の第2のパッドのうちの一部の第2のパッドにそれぞれ電氣的に接続された複数の導電部が形成され、

前記複数の導電部の各々の少なくとも一部分同士の配置ピッチは、前記複数の第2のパッドの配置ピッチ及び前記複数の第3のパッドの配列ピッチより広いことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

- 15 19. 請求の範囲第18項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記複数の導電部は、前記中継基板の前記はみ出し部分における前記アクチュエータ基板側の面に形成され、

前記複数の第3のパッドは、前記中継基板の前記アクチュエータ基板と反対側の面に形成されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

- 20 20. 請求の範囲第18項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記複数の導電部にそれぞれ所定の信号が供給されたときに、前記1つ以上のミラーの全てが前記第2の位置に位置することを特徴とする光ビーム切替調整装置。

21. 請求の範囲第18項に記載の光ビーム切替調整装置であって、
25 前記複数の第3のパッドにそれぞれ所望の光スイッチ動作を行わせるための信号が供給されたときに、当該光スイッチ動作を行わせるように、

かつ、前記複数の導電部にそれぞれ所定の信号が供給されたときに、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記第 2 の位置に位置するように、前記 1 つ以上のアクチュエータを駆動する駆動回路が、前記アクチュエータ基板に搭載されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

- 5 2 2 . 1 つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された 1 つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記 1 つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記 1 つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板と、

- 10 前記 1 つ以上のミラーと、前記 1 つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上の
- 15 のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板と、
を備え、

- 20 前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とが位置合わせされて接合され、

- 25 前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部から完全に退出した位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とがスペーサを介して接合されたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

2 3 . 請求の範囲第 2 2 項に記載の光ビーム切替調整装置であって、

前記スペーサは、前記アクチュエータ基板における前記1つ以上のミラーが分布している領域を囲むように、設けられたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

24. 請求の範囲第23項に記載の光ビーム切替調整装置であって、
5 前記光導波路のコア層の屈折率と略同じ屈折率を持つ屈折率整合液が、前記ミラー受け入れ凹部内に入るように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との間に充填され、

前記スペーサは、前記屈折率整合液を密封するシール構造の一部を構成することを特徴とする光ビーム切替調整装置。

- 10 25. 1つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された1つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記1つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記1つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有し、
15 第1のアライメントマークが形成された光導波路基板を用意する段階と、

- 前記1つ以上のミラーと、前記1つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い
20 第1の位置と当該面に相対的に近い第2の位置とに位置させる1つ以上のアクチュエータと、を有し、第2のアライメントマークが形成されたアクチュエータ基板を用意する段階と、

- 前記1つ以上のミラーの前記第1の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記1つ以上のミラーの前記第2の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを前記第1
25

及び第 2 のアライメントマークを利用して位置合わせして接合する段階と、

を備えたことを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法。

26. 1つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路
- 5 基板の一方の面側に形成された1つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記1つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記1つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有する光導波路基板を用意する段階と、
- 10 前記1つ以上のミラーと、前記1つ以上のミラーに対応して設けられて当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第1の位置と当該面に相対的に近い第2の位置とに位置させる1つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板を用意する段階と、
- 15 前記導波路基板と前記アクチュエータ基板との間に接合されるスペーサを用意する段階と、
- 前記導波路基板及び前記アクチュエータ基板のいずれかに一方に前記スペーサを接合するスペーサ接合段階と、
- 前記スペーサ接合段階の後に行われる段階であって、前記1つ以上の
- 20 ミラーの前記第1の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記1つ以上のミラーの前記第2の位置が前記1つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを位置合わせして、前記スペーサと前記導波路基板及び前記アクチュエータの他方とを接合する段階
- 25 と、
- を備え、

前記導波路基板と前記アクチュエータとの間に前記スペーサが接合されたときに、前記１つ以上のミラーの前記第２の位置が前記１つ以上のミラー受け入れ凹部から完全に退出した位置となることを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法。

- 5 27. 請求の範囲第２６項に記載の光ビーム切替調整装置の製造方法であって、前記光導波路基板に第１のアライメントマークを形成するとともに、前記アクチュエータ基板に第２のアライメントマークを形成し、

前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせを、前記第１及び第２のアライメントマークを利用して行うことを特徴とする光
10 ビーム切替調整装置の製造方法。

28. 請求の範囲第２５項から第２７項のうちいずれか１項に記載の光ビーム切替調整装置の製造方法であって、前記アクチュエータを、信号を全く供給しない場合には当該アクチュエータに支持された前記ミラーが前記第２の位置に比べて前記アクチュエータ基板の前記一方の面から
15 基板から遠い所定位置に復帰するように構成し、

前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせの際に、前記アクチュエータ基板に所定の信号を与えて、前記１つ以上のミラーの全てを前記第２の位置に位置させることを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法。

- 20 29. １つ以上の入力ポートと、複数の出力ポートと、当該光導波路基板の一方の面側に形成された１つ以上のミラー受け入れ凹部と、前記１つ以上の入力ポートに入力された光を、前記複数の出力ポートのうちの、前記１つ以上のミラー受け入れ凹部に対する前記１つ以上のミラーの進出及び退出に応じて選択された出力ポートに導く光導波路と、を有
25 する光導波路基板を用意する段階と、

前記１つ以上のミラーと、前記１つ以上のミラーに対応して設けられ

て当該対応するミラーを支持し、当該対応するミラーを、信号に応じて、当該アクチュエータ基板の一方の面側において当該面から相対的に遠い第 1 の位置と当該面に相対的に近い第 2 の位置とに位置させる 1 つ以上のアクチュエータと、を有するアクチュエータ基板を用意する段階と、

- 5 前記 1 つ以上のミラーの前記第 1 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する進出位置となるとともに、前記 1 つ以上のミラーの前記第 2 の位置が前記 1 つ以上のミラー受け入れ凹部に対する退出位置となるように、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板とを位置合わせして接合する段階と、

- 10 を備え、

前記アクチュエータを、信号を全く供給しない場合には当該アクチュエータに支持された前記ミラーが前記第 2 の位置に比べて前記アクチュエータ基板の前記一方の面から基板から遠い所定位置に復帰するように構成し、

- 15 前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせの際に、前記アクチュエータ基板に所定の信号を与えて、前記 1 つ以上のミラーの全てを前記第 2 の位置に位置させることを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法。

- 30 請求の範囲第 28 項に記載の光ビーム切替調整装置の製造方法であって、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせの終了後に、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記所定位置に徐々に復帰するように、前記アクチュエータ基板に信号を供給することを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法。

- 31 請求の範囲第 29 項に記載の光ビーム切替調整装置の製造方法
25 であって、前記光導波路基板と前記アクチュエータ基板との位置合わせの終了後に、前記 1 つ以上のミラーの全てが前記所定位置に徐々に復帰

するように、前記アクチュエータ基板に信号を供給することを特徴とする光ビーム切替調整装置の製造方法。

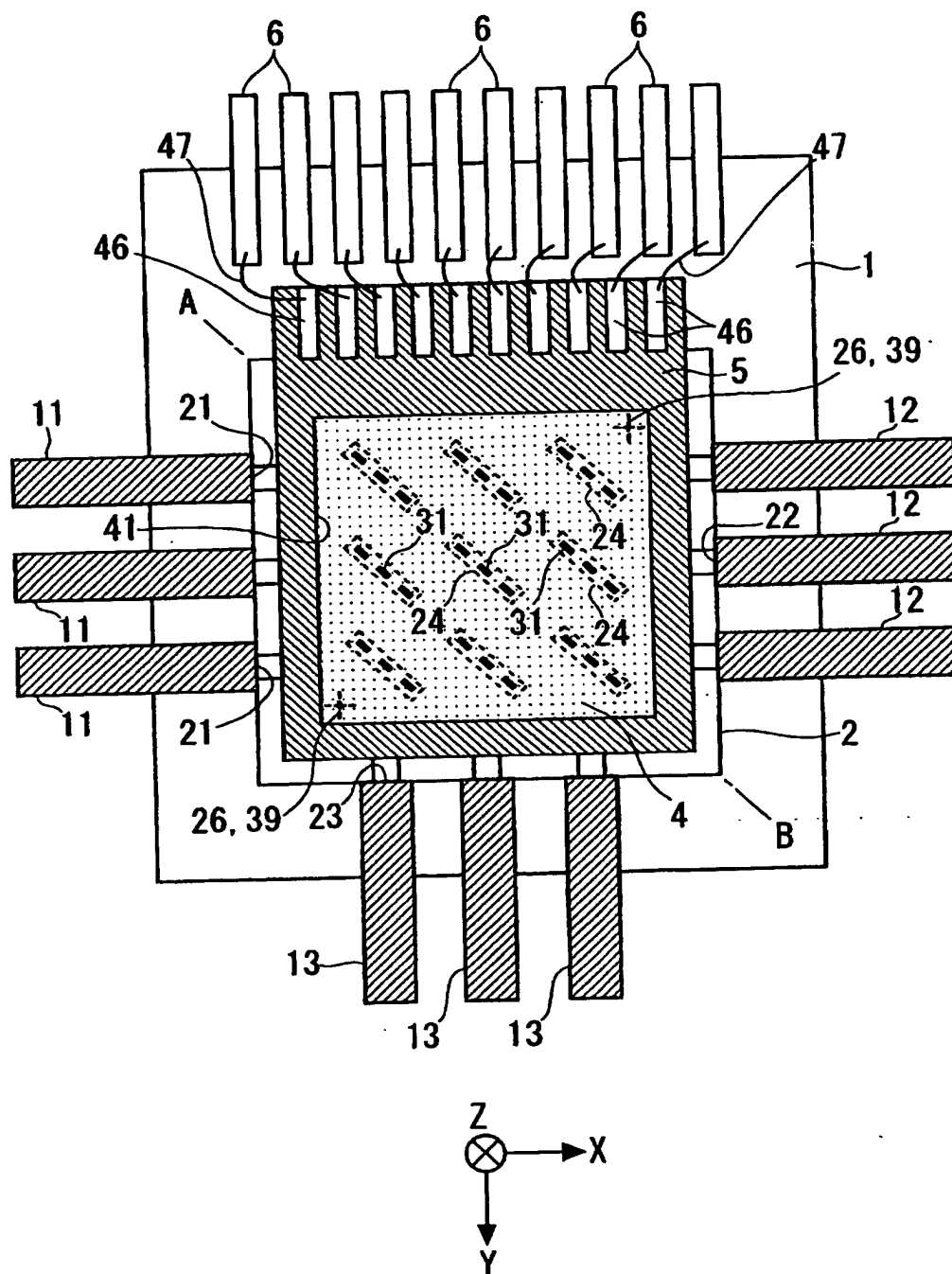
32. 光導波路に設けられたスリット内に挿入板を抜差しすることにより前記光導波路中を伝搬する光ビームの光路切替もしくは光ビームの透過光量を調整するための光ビーム切替調整装置であって、前記光導波路と前記スリットとは第1の基板上に設けられ、前記挿入板は第2の基板上に設けられた挿入板駆動手段に保持されて設けられており、前記第1と第2の基板は前記挿入板が前記スリット内に抜差し可能なように配置され、前記第1の基板の前記スリットを含む第1の領域と、前記第2の基板の前記挿入板を備える第2の領域とが所定の波長の光を透過可能に構成されており、当該所定の波長の光を、前記第1の領域または前記第2の領域の一方から入射させその透過光を前記第2の領域または前記第1の領域の一方から出射させて、前記スリット内での前記挿入板の挿入位置の顕微鏡観察を可能としたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

33. 光導波路に設けられたスリット内に挿入板を抜差しすることにより前記光導波路中を伝搬する光ビームの光路切替もしくは光ビームの透過光量を調整するための光ビーム切替調整装置であって、前記光導波路と前記スリットとは第1の基板上に設けられ、前記挿入板は第2の基板上に設けられた挿入板駆動手段に保持されて設けられており、前記第1と第2の基板は前記挿入板が前記スリット内に抜差し可能なように配置され、前記第1の基板の前記スリットを含む第1の領域または前記第2の基板の前記挿入板を備える第2の領域のいずれか一方が所定の波長の光を透過可能に構成されており、当該所定の波長の光を、前記第1の領域または前記第2の領域の一方から入射させ、その反射光を前記第1の領域または前記第2の領域から出射させて、前記スリット内での前記

挿入板の挿入位置の顕微鏡観察を可能としたことを特徴とする光ビーム切替調整装置である。

34. 請求の範囲第32項又は第33項に記載の光ビーム切替調整装置であって、前記挿入板に少なくとも1つの凹凸部を備え、当該凹凸部
- 5 を前記顕微鏡観察の焦点合わせ基準とすることにより前記スリット内の前記挿入板の挿入深さ観察を可能としたことを特徴とする光ビーム切替調整装置。

図 1



2/15

図 2

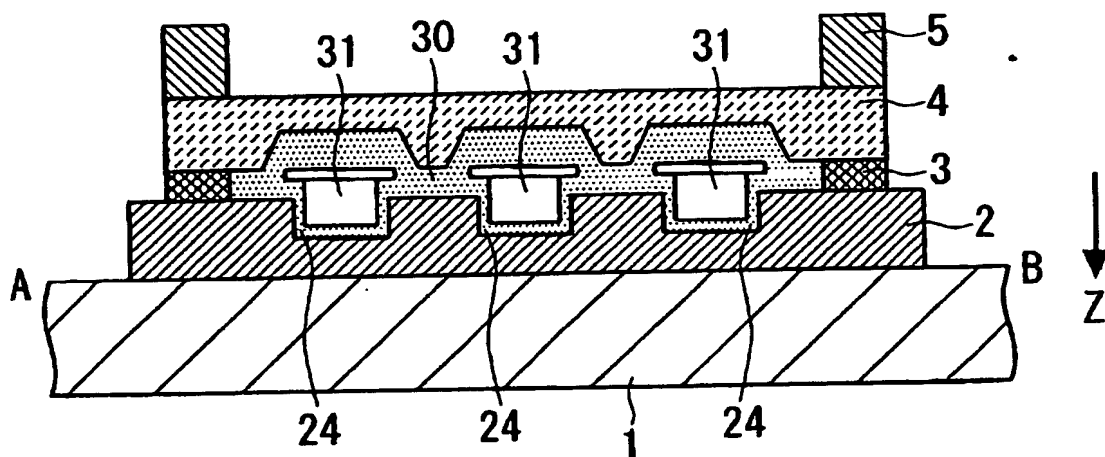


図 3

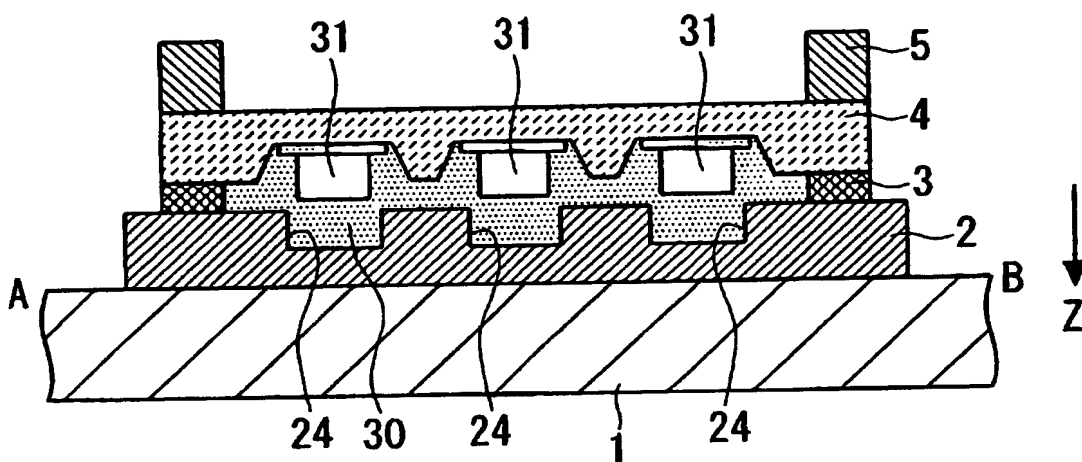


図 4

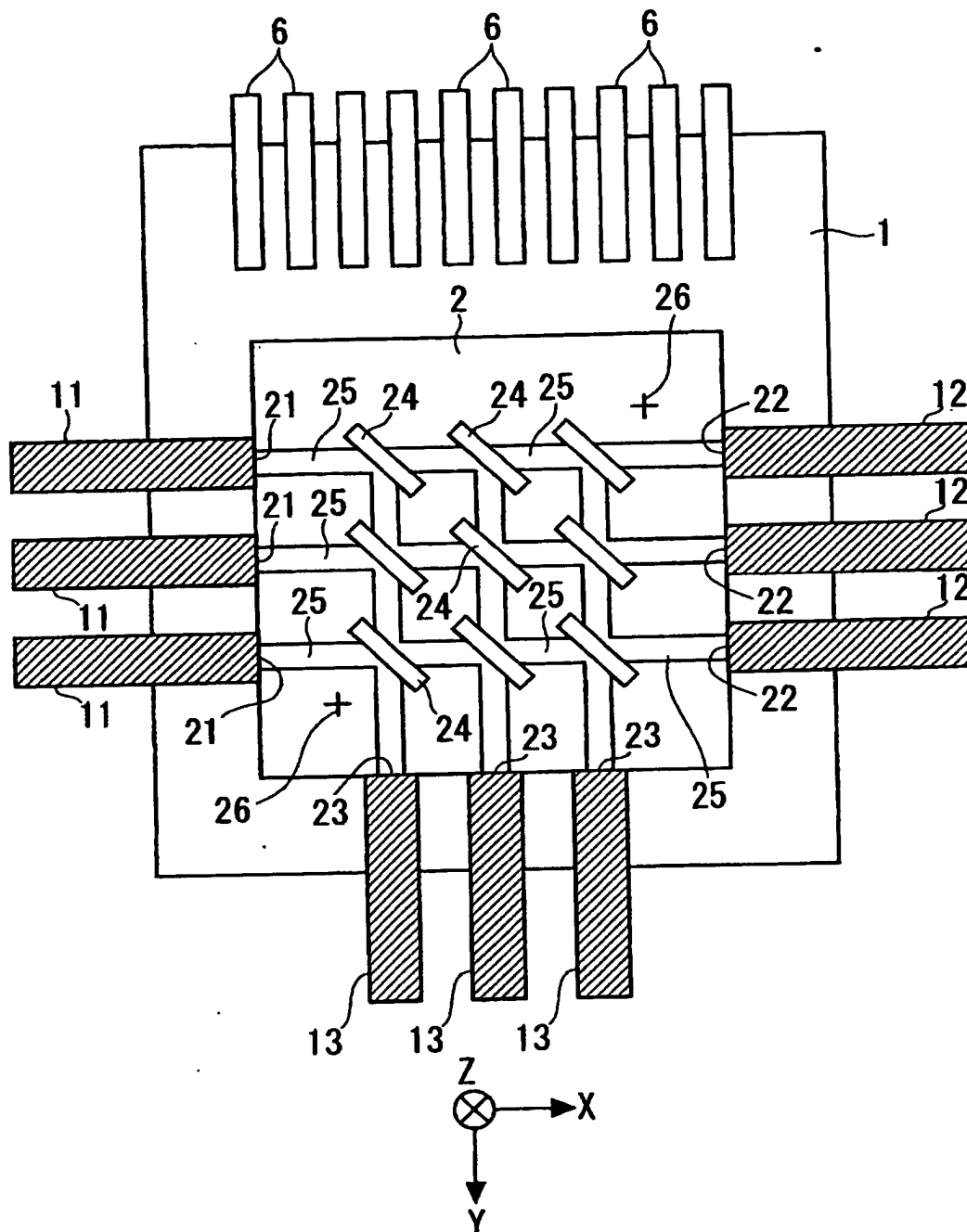
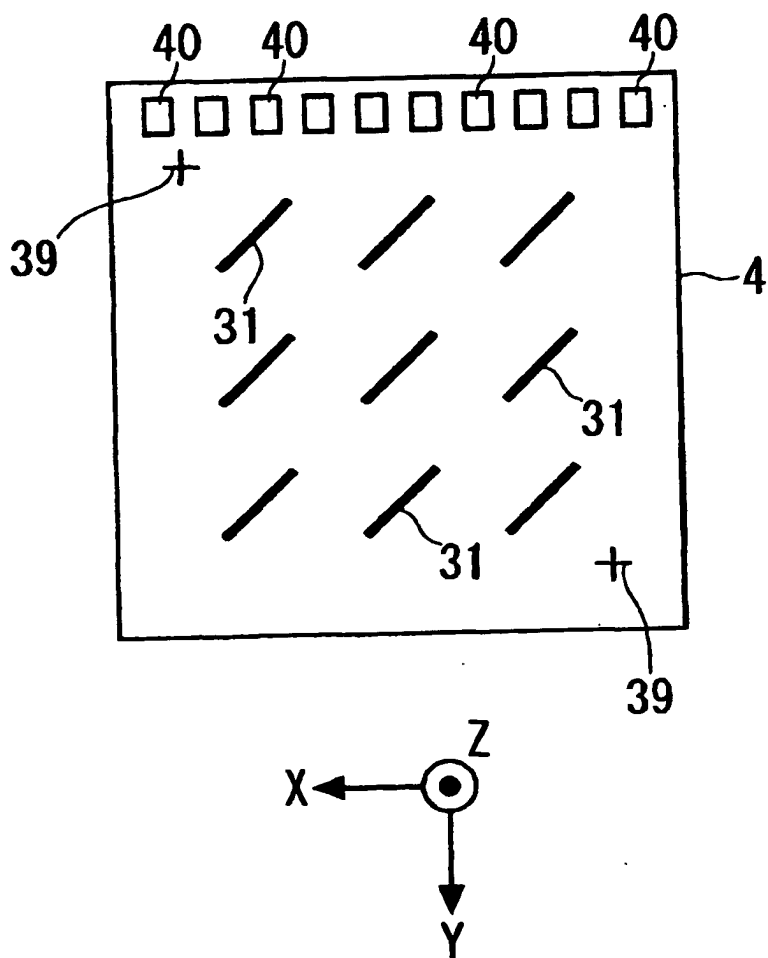


図 5



6

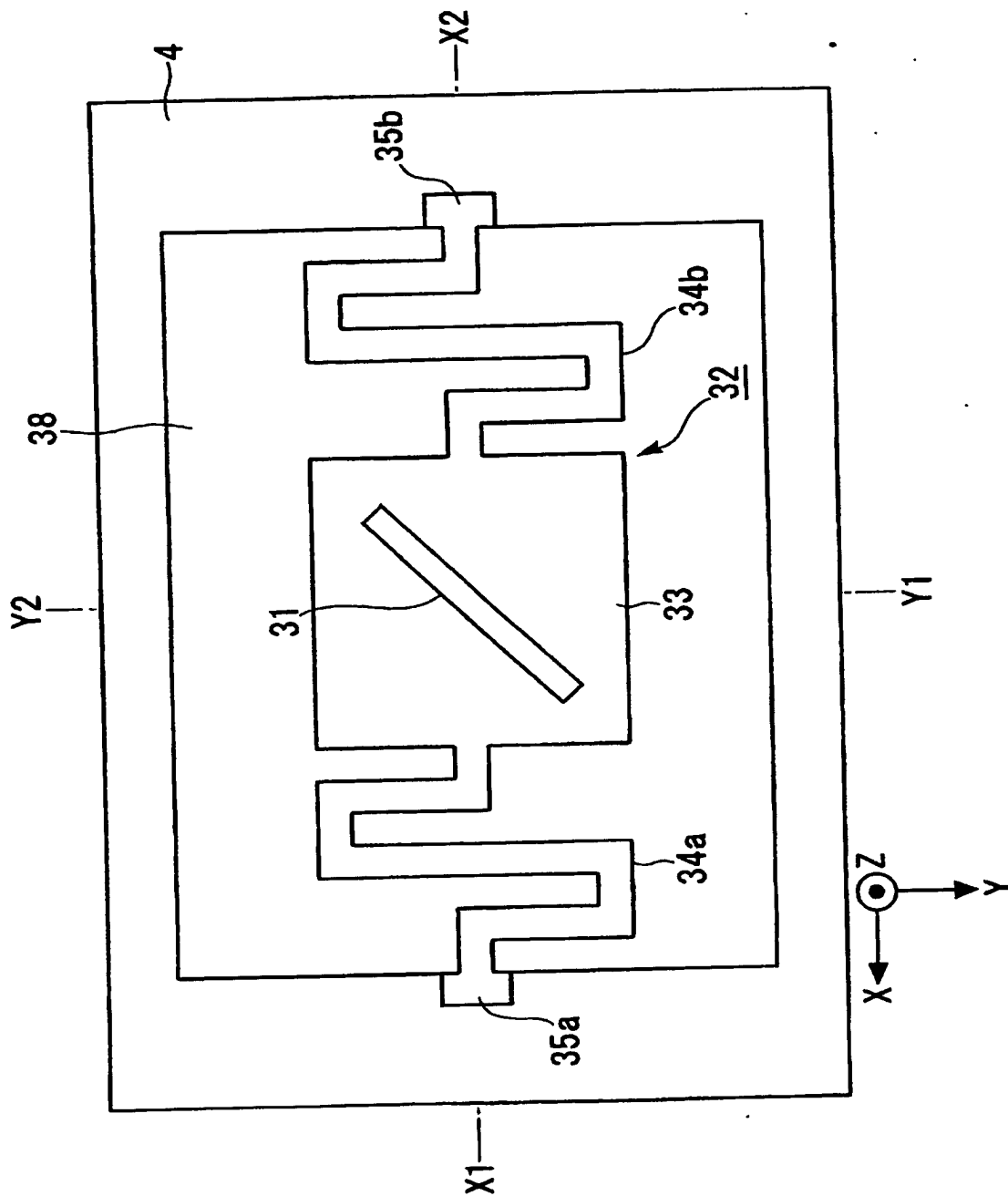


図 7

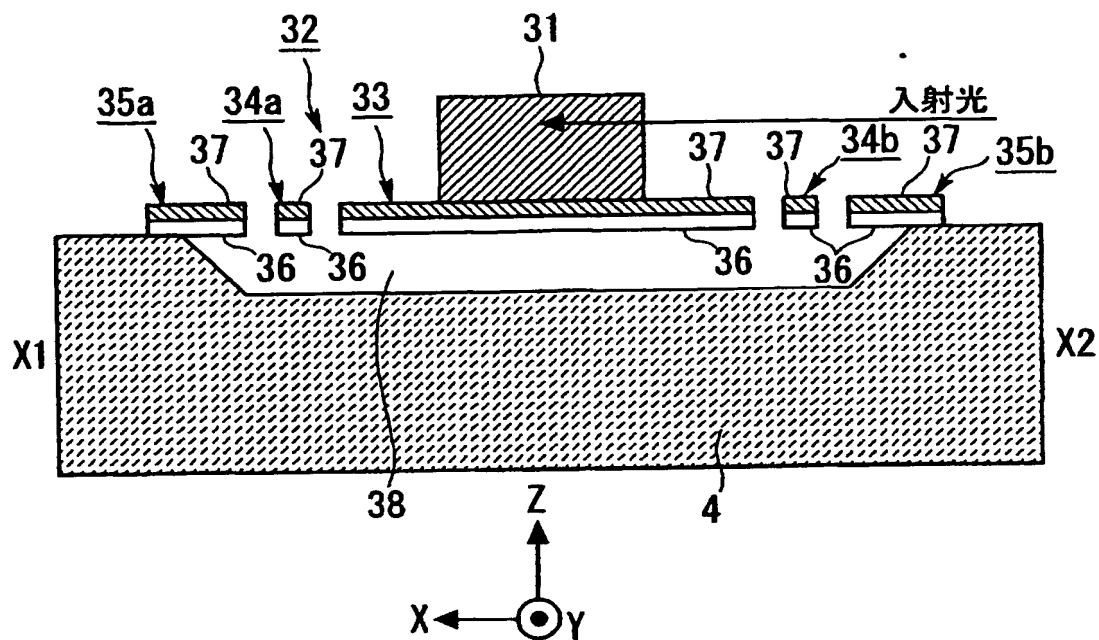


図 8

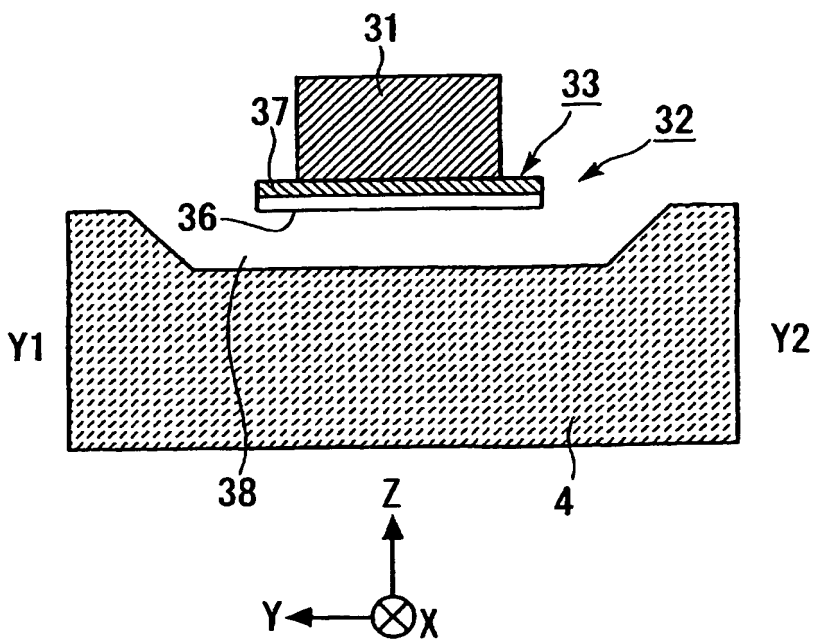


図 9

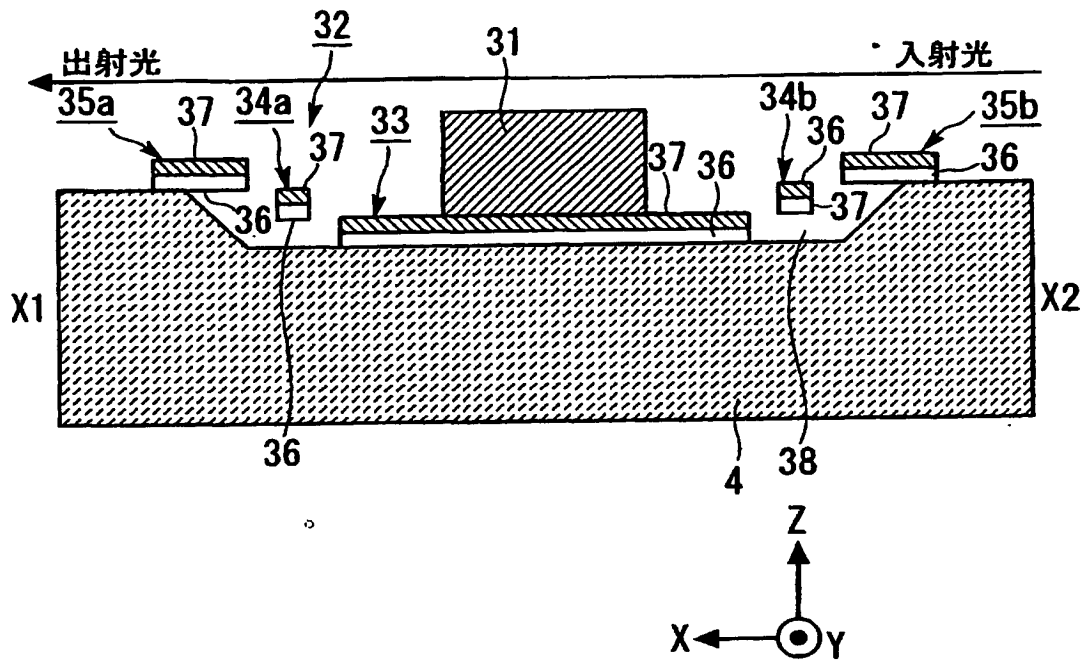


図 10

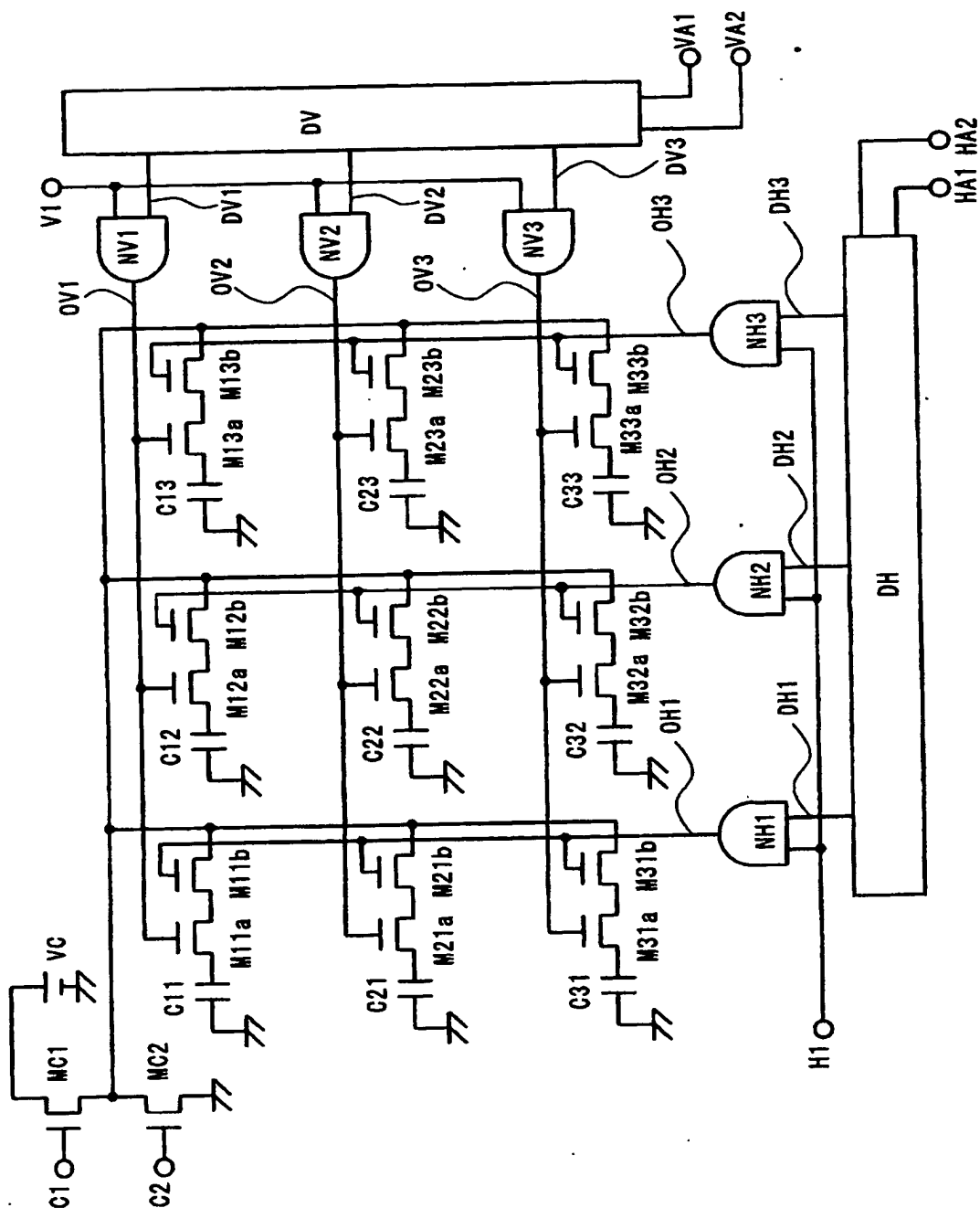


図 1 1

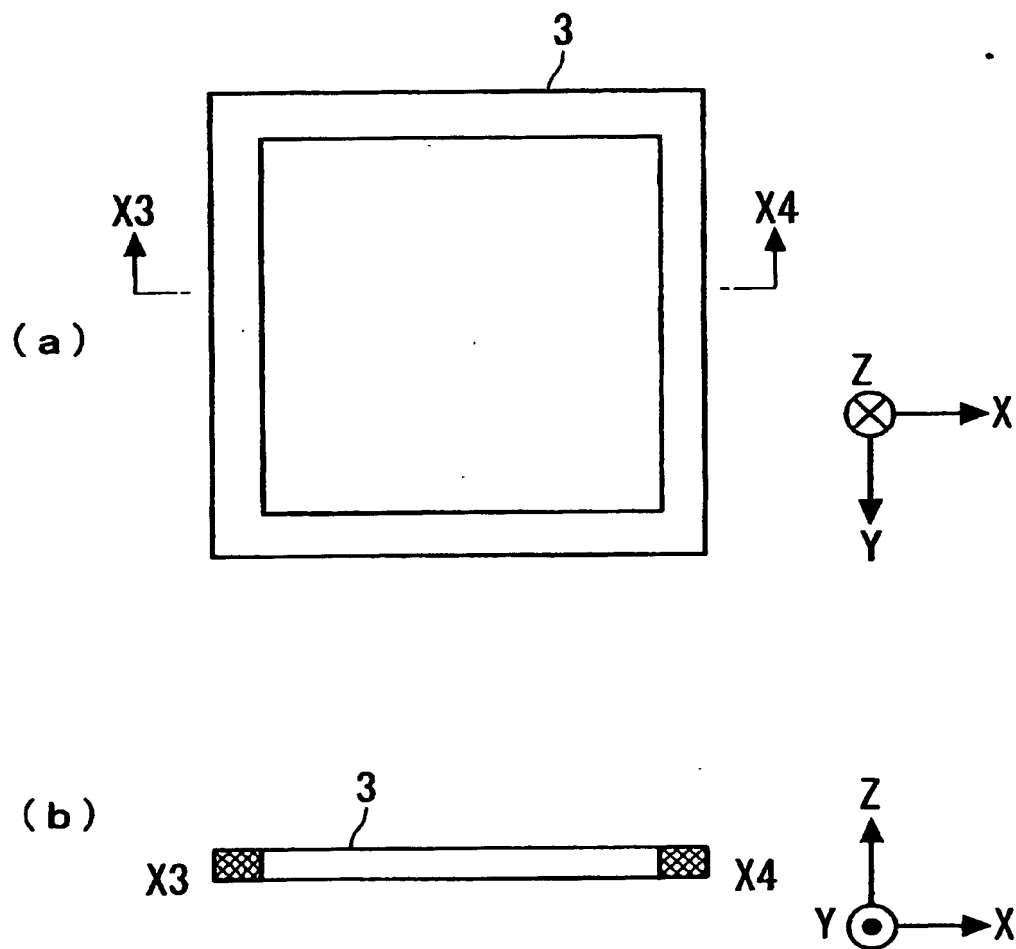


図 1 2

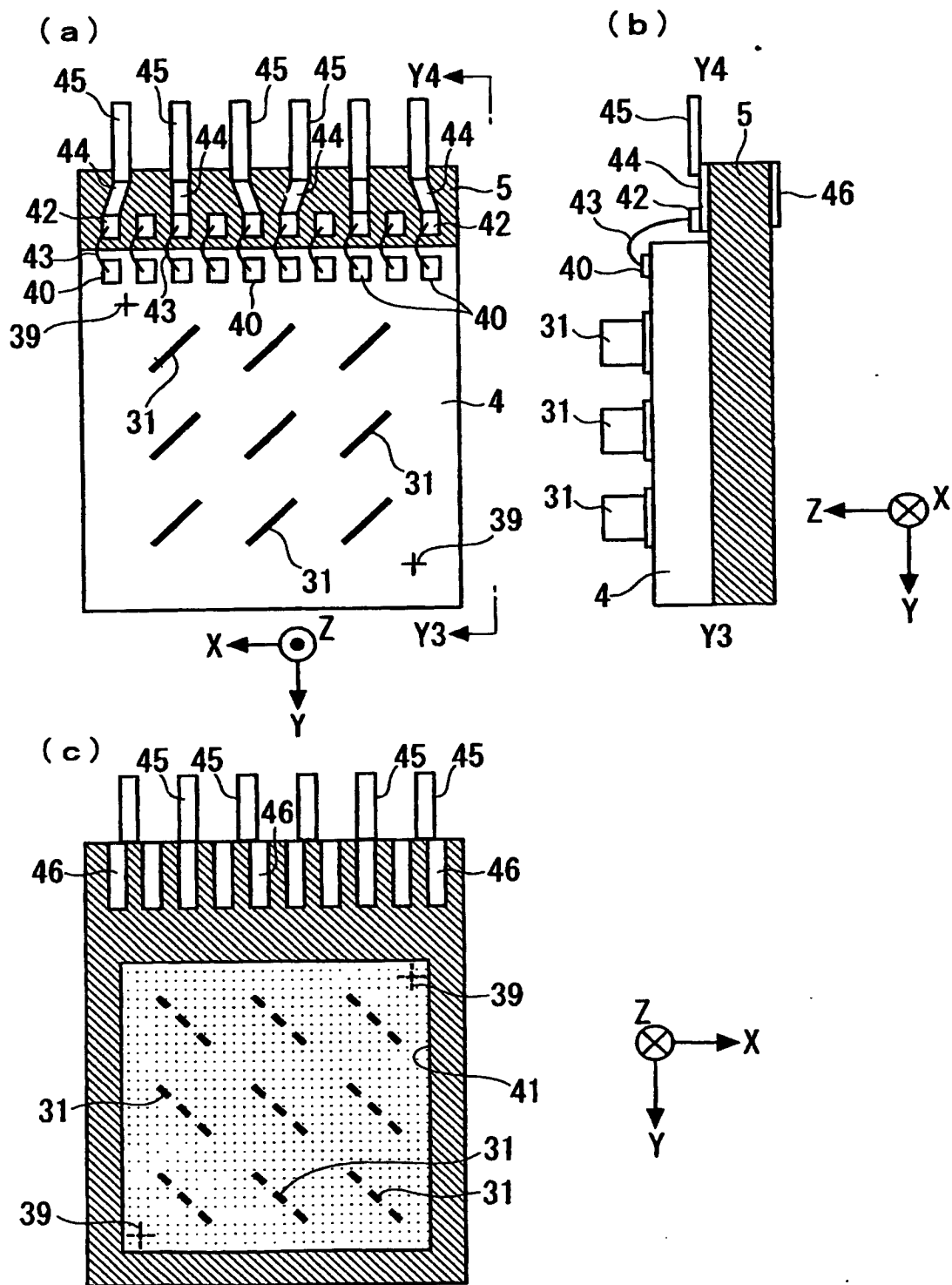
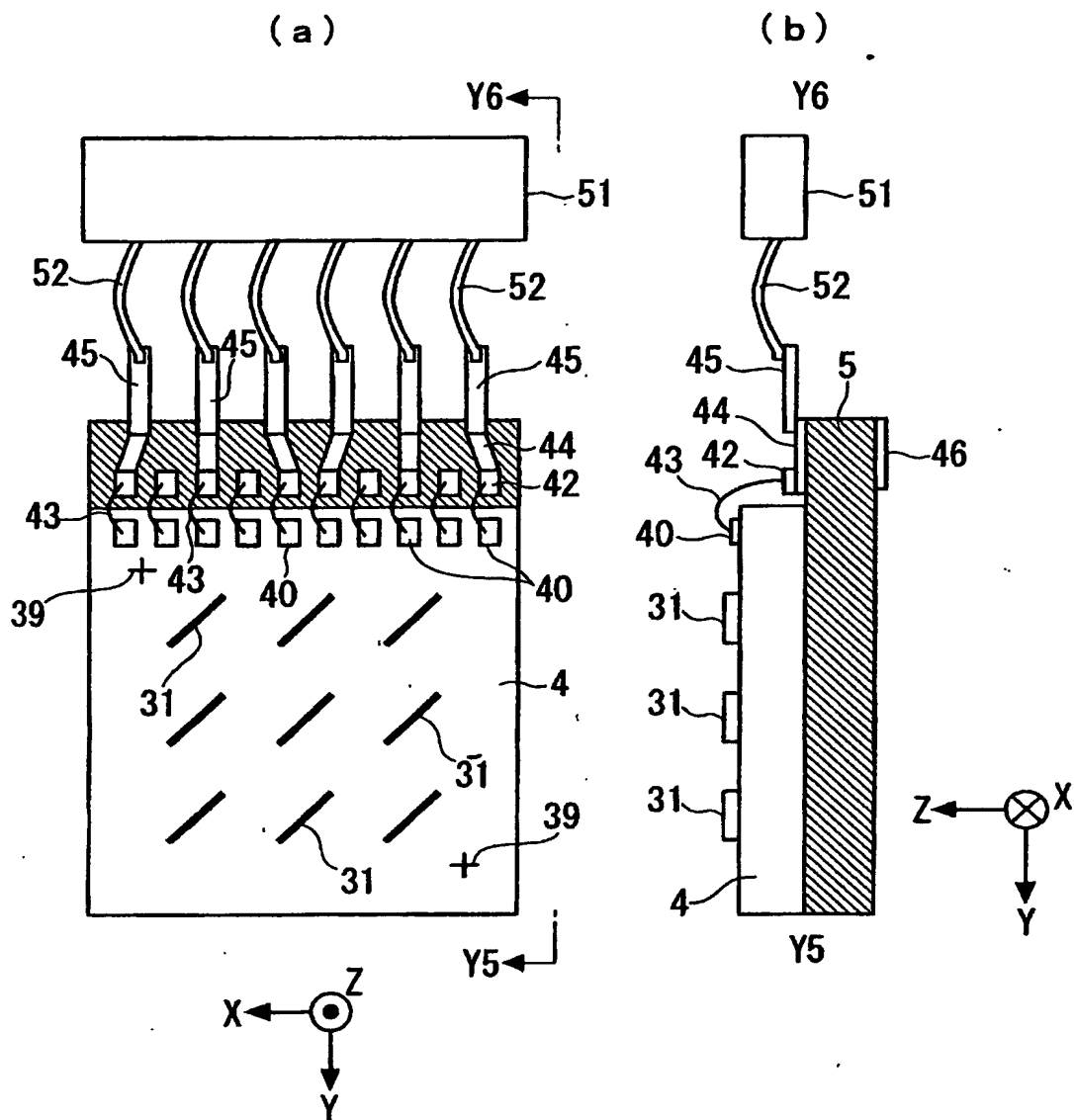
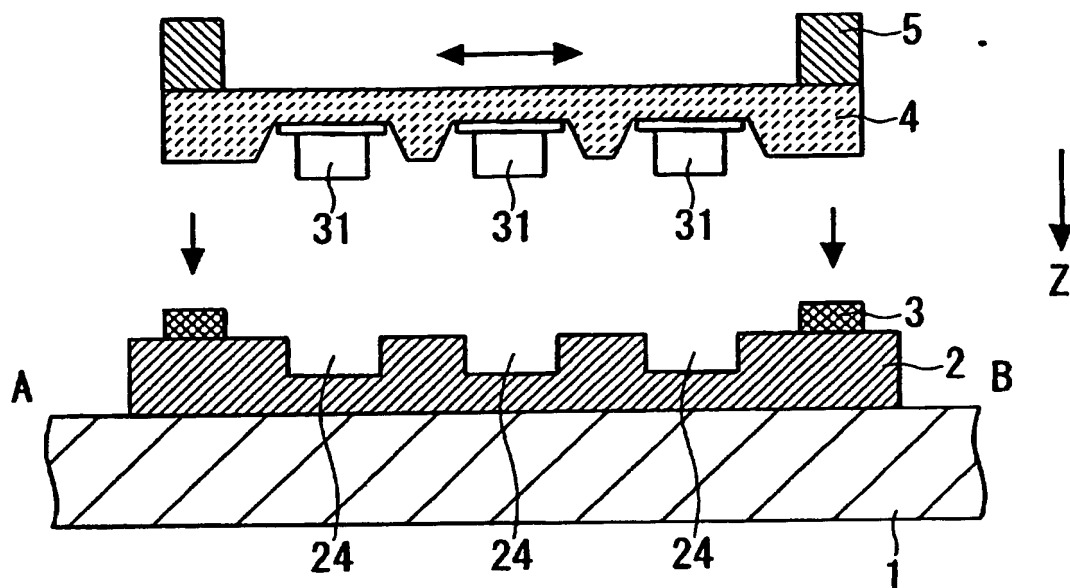


図 1 3



12/15

図 1 4



.14/15

図 16

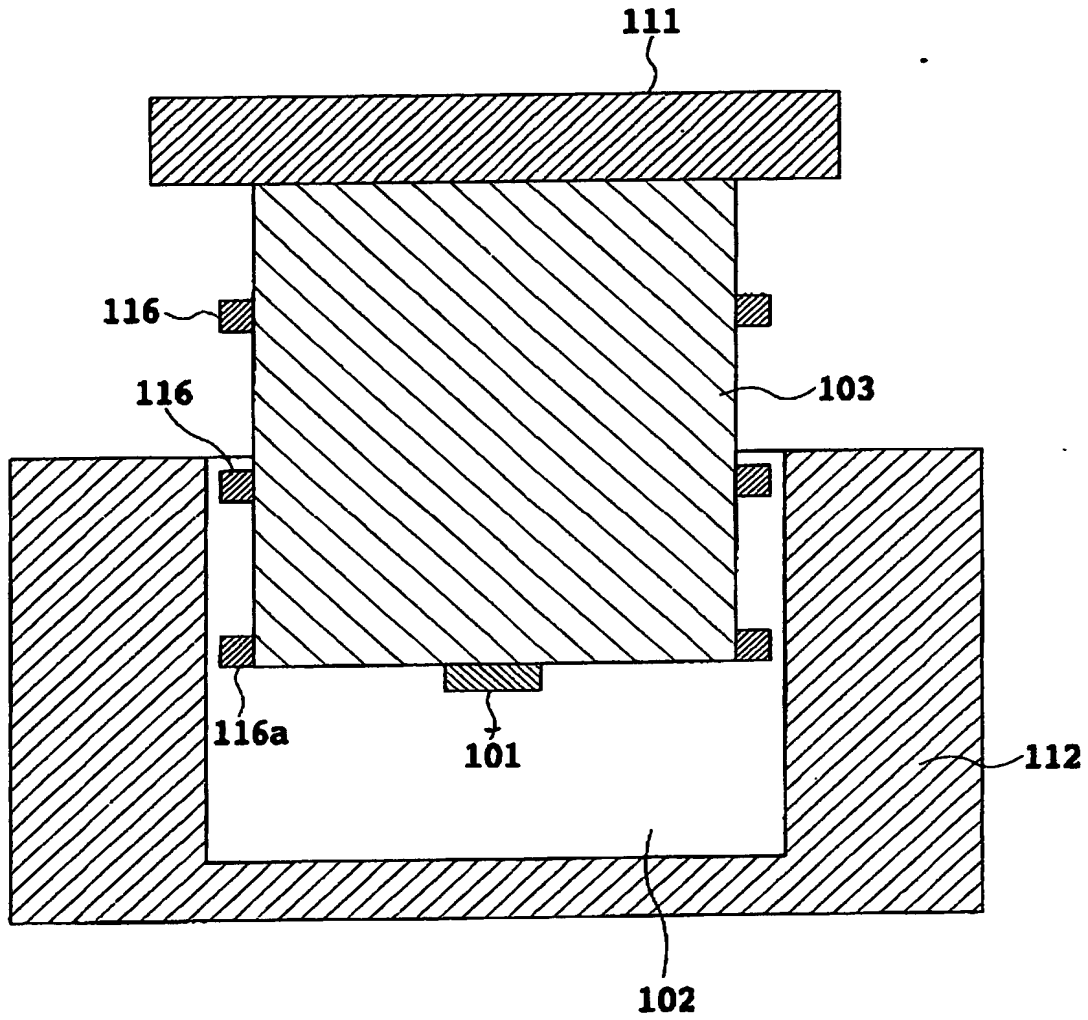
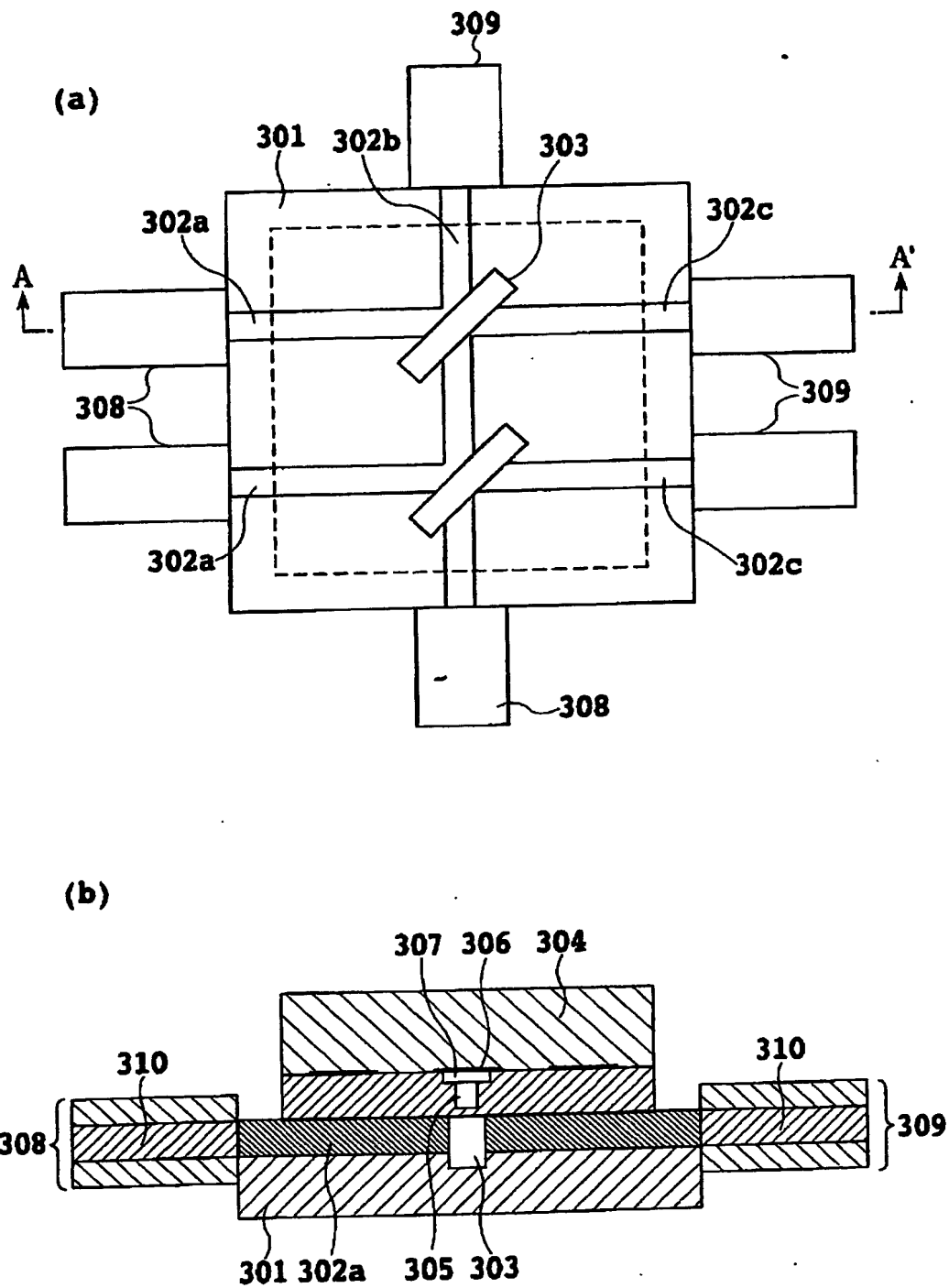


図 1 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/13003

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B26/08, G02B26/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B26/08, G02B26/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-258704 A (Japan Aviation Electronics Industry Ltd.), 22 September, 2000 (22.09.00), & EP 1033601 A1	1-34
A	JP 2000-258702 A (Japan Aviation Electronics Industry Ltd.), 22 September, 2000 (22.09.00), & EP 1033601 A1	1-34

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
17 March, 2003 (17.03.03)

Date of mailing of the international search report
01 April, 2003 (01.04.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B26/08, G02B26/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B26/08, G02B26/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-258704 A (日本航空電子工業株式会社) 2000. 09. 22, & EP 1033601 A1	1-34
A	JP 2000-258702 A (日本航空電子工業株式会社) 2000. 09. 22, & EP 1033601 A1	1-34

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17. 03. 03

国際調査報告の発送日

01.04.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田部 元史

2X

8708

電話番号 03-3581-1101 内線 3293



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.